

# Aufgabendesign und basismodellorientierter Physikunterricht

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaften

- Dr. rer. nat. -

Dem Fachbereich Physik  
der Universität Duisburg-Essen  
vorgelegt im August 2005

von

Dennis Draxler  
aus Dortmund



Erstgutachter: Prof. Dr. H. E. Fischer

Zweitgutachter: Prof. Dr. U. Backhaus

Tag der Disputation: 11.10.2006



## **DANKSAGUNG**

---

Ich bedanke mich herzlich bei Herrn Prof. Dr. Hans E. Fischer für die Gelegenheit zu dieser Arbeit und für die stetige Unterstützung, die wertvollen Hinweise, kritischen Anmerkungen und förderlichen Diskussionen sowie für die unzähligen Dinge, die ich in den Jahren in seiner Arbeitsgruppe gelernt habe.

Bei Herrn Thomas Daub bedanke ich mich herzlich dafür, dass er diese Arbeit von Seiten der Schule überhaupt erst möglich gemacht und ständig unterstützt hat.

Mein Dank gilt auch den beteiligten Schülerinnen und Schülern, die sich über ein ganzes Schuljahr hinweg bereitwillig filmen und testen ließen.

Ich bedanke mich bei meinen Kollegen aus der Arbeitsgruppe, Sebastian Labusch, Dr. Rüdiger Tiemann und Dr. Georg Trendel, für Tipps und Anregungen. Besonders bedanke ich mich bei Herrn Dr. Thomas Reyer für anregende Diskussionen und wichtige Hilfen sowie für Vorarbeiten, ohne die diese Arbeit so nicht möglich gewesen wäre.

Ich danke auch den beteiligten studentischen Hilfskräften Nina Buchert, Edita Kajic, Alexander Kauertz, Christoph Raguse, Julia Rüding und Ingo Steiner für die unzähligen, zuverlässig erstellten Unterrichtsvideos sowie für zahllose Stunden des Digitalisierens, Transkribierens und Kodierens.

All denen, die die Zeit und den Mut gefunden haben, in Zeiten wechselnder Rechtschreibungen die vorliegende Arbeit auf Fehler hin zu durchsuchen, sei ebenfalls sehr gedankt.

Mein abschließender Dank gilt meiner ehemaligen Kollegin und Frau Christina Draxler, die mich während des Verfassens dieser Arbeit stets unterstützt, beraten und motiviert hat.



# INHALTSVERZEICHNIS

---

<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
-------------------	----------

---

## *T H E O R E T I S C H E R   T E I L*

<b>KAPITEL 1 LERNEN IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>3</b>
---	----------

---

<b>1-1   LEHRZIELE DES PHYSIKUNTERRICHTS</b>	<b>4</b>
--	----------

<b>1-2   „SCIENTIFIC LITERACY“</b>	<b>5</b>
------------------------------------	----------

WAS BEDEUTET „SCIENTIFIC LITERACY“?	5
-------------------------------------	---

KRITIK AN SCIENTIFIC LITERACY	6
-------------------------------	---

SCIENTIFIC LITERACY ALS KONTINUUM	6
-----------------------------------	---

SCIENTIFIC LITERACY NACH PISA	7
-------------------------------	---

<b>1-3   LERNPROZESSE IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>8</b>
---	----------

KONSTRUKTIVISTISCHE PERSPEKTIVE	8
---------------------------------	---

ABGRENZUNG DES PRAGMATISCHEN KONSTRUKTIVISMUS GEGEN DIE KOGNITIONSTHEORIE UND DEN RADIKALEN KONSTRUKTIVISMUS	9
---	---

SCHWIERIGKEITEN SCHULISCHEN LERNENS AUS KONSTRUKTIVISTISCHER PERSPEKTIVE	10
--	----

ANFORDERUNGEN AN KONSTRUKTIVISTISCHE LERNUMGEBUNGEN	11
---	----

<b>1-4   ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 1</b>	<b>13</b>
--	-----------

<b>KAPITEL 2 LEHR-LERNSKRIPTE IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>15</b>
---	-----------

---

<b>2-1   WORAN ERKENNT MAN EIGENTLICH „GUTEN“ UNTERRICHT?</b>	<b>16</b>
---	-----------

<b>2-2   TIMSS-ERGEBNISSE ZUR SCHÜLERLEISTUNG</b>	<b>18</b>
---	-----------

ERGEBNISSE DER LEISTUNGSDATEN	18
-------------------------------	----

<b>2-3   TIMSS-VIDEO</b>	<b>19</b>
--------------------------	-----------

DESIGN DER STUDIE	19
-------------------	----

VORZÜGE DES INTERKULTURELLEN ANSATZES	20
---------------------------------------	----

„KULTURELLE SKRIPTE“	20
----------------------	----

MATHEMATIKUNTERRICHT IN DEUTSCHLAND, DEN USA UND JAPAN	20
--	----

PROBLEMATIK DES DEUTSCHEN MATHEMATIKUNTERRICHTS	22
---	----

<b>2-4 VERKNÜPFUNG VON TIMSS UND TIMSS-VIDEO</b>	<b>23</b>
VERKNÜPFUNG VON LEISTUNGS- UND VIDEODATEN	23
ZUSÄTZLICHE DATENQUELLE: SCHÜLEREINSCHÄTZUNGEN	24
<b>2-5 SKRIPTE IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>25</b>
<b>2-6 GRENZEN DER BESCHREIBUNG VON UNTERRICHT DURCH SKRIPTE</b>	<b>26</b>
TIMSS-1999-VIDEOSTUDIE	26
NEUERE VIDEOSTUDIEN ZUM PHYSIKUNTERRICHT	27
<b>2-7 QUALITÄT VON (PHYSIK-)UNTERRICHT</b>	<b>29</b>
RECHTFERTIGUNG DES ANSATZES AUF UNTERRICHTSEBENE	29
DEFINITION „UNTERRICHTSKLIMA“	30
DEFINITION „UNTERRICHTSQUALITÄT“	30
ALLGEMEINE BEFUNDE ZUR UNTERRICHTSQUALITÄT	31
BEFUNDE ZUR QUALITÄT VON PHYSIKUNTERRICHT	32
REALITÄT DES PHYSIKUNTERRICHTS	33
<b>2-8 WEITERENTWICKLUNG DES PHYSIKUNTERRICHTS</b>	<b>34</b>
<b>2-9 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 2</b>	<b>36</b>
<b><u>KAPITEL 3 DIE THEORIE DER BASISMODELLE</u></b>	<b><u>37</u></b>
<b>3-1 GRUNDLEGENDE ANNAHMEN ZUM LEHREN UND LERNEN</b>	<b>38</b>
<b>3-2 ZWEI-EBENEN-MODELL DES UNTERRICHTS</b>	<b>38</b>
<b>3-3 BASISMODELLE DES UNTERRICHTS</b>	<b>39</b>
BASISMODELLE UND HANDLUNGSKETTEN	39
BEGRENZTE ANZAHL VON BASISMODELLEN DES UNTERRICHTS	40
<b>3-4 CHOREOGRAPHIE DES UNTERRICHTENS</b>	<b>41</b>
DIE CHOREOGRAPHIE-METAPHER	41
UNTERRICHTSGESTALTUNG IM SINNE DER THEORIE DER BASISMODELLE	42
KOMBINATION VON BASISMODELLEN	43
<b>3-5 DISKUSSION</b>	<b>44</b>
VORTEILE DER THEORIE	44
NORMATIVE ELEMENTE DER THEORIE	45
KRITISCHE PUNKTE DER THEORIE	45
<b>3-6 ADAPTION FÜR DEN PHYSIKUNTERRICHT NACH REYER</b>	<b>47</b>
<b>3-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 3</b>	<b>49</b>
<b><u>KAPITEL 4 AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT</u></b>	<b><u>51</u></b>
<b>4-1 AUFGABEN IN DER NATURWISSENSCHAFTSDIDAKTIK VOR TIMSS</b>	<b>53</b>
<b>4-2 TIMSS-VIDEO: NEUE IMPULSE FÜR DIE DISKUSSION UM AUFGABEN IM</b>	
NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT	55
<b>4-3 AUFGABEN IM FOKUS DER FACHDIDAKTISCHEN FORSCHUNG NACH TIMSS</b>	<b>56</b>



---

<b>4-4</b>	<b>DIE ROLLE VON AUFGABEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT</b>	<b>58</b>
<b>4-5</b>	<b>ANFORDERUNGEN AN AUFGABEN: EINE NEUE AUFGABENKULTUR</b>	<b>59</b>
<b>4-6</b>	<b>ANALYSE VON AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>60</b>
<b>4-7</b>	<b>AUFGABENKONSTRUKTION: DISKUSSIONSBEITRÄGE</b>	<b>62</b>
<b>4-8</b>	<b>AUFGABENKONSTRUKTION AUF GRUNDLAGE DER THEORIE DER BASISMODELLE</b>	<b>64</b>
<b>4-9</b>	<b>KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN</b>	<b>66</b>
	INHALTLICHE UND CURRICULARE EINORDNUNG	67
	LÖSUNGSWEGE	67
	ANTWORTFORMAT, OFFENHEIT UND EXPERIMENTIERVERHALTEN	68
	KOMPETENZSTUFEN	70
	ANFORDERUNGSMERKMALE	71
	UNTERRICHTSPHASEN	72
	DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN	73
<b>4-10</b>	<b>NEUERE ERKENNTNISSE AUS DER TIMS-STUDIE</b>	<b>73</b>
	ZUVERLÄSSIGKEIT VON EXPERTENEINSCHÄTZUNGEN DER ANFORDERUNGSMERKMALE	74
	ANFORDERUNGSMERKMALE UND AUFGABENSCHWIERIGKEIT	75
	ZUVERLÄSSIGKEIT VON EXPERTENEINSCHÄTZUNGEN DER KOMPETENZSTUFEN	76
<b>4-11</b>	<b>AUFGABENANALYSEN IM RAHMEN VON PISA</b>	<b>78</b>
	KOMPETENZSTUFEN DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN GRUNDBILDUNG IN PISA 2000	78
	KOGNITIVE KOMPETENZEN IN PISA-E	82
	AUFGABENMERKMALE ZUR ANALYSE DER PISA-ITEMS	84
	MATHEMATISCHE GRUNDBILDUNG IN PISA 2000	86
	AUFGABENMERKMALE VON MATHEMATIKAUFGABEN IN PISA 2000	87
	LESEKOMPETENZ IN PISA 2000	89
	ITEMKONSTRUKTION FÜR PISA-E 2003	91
<b>4-12</b>	<b>ÜBERARBEITETES KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN</b>	<b>93</b>
	INHALTLICHE UND CURRICULARE EINORDNUNG	93
	ERGÄNZUNG: BASISMODELLE UND HANDLUNGSKETTENELEMENTE	94
	LÖSUNGSWEGE	94
	ANTWORTFORMAT, OFFENHEIT UND EXPERIMENTIERVERHALTEN	94
	KOMPETENZSTUFEN	95
	ERGÄNZUNG: LESEKOMPETENZ!	96
	ERGÄNZUNG: MATHEMATISCHE KOMPETENZ?	96
	ANFORDERUNGSMERKMALE	97
	UNTERRICHTSPHASEN	102
	DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN	102
<b>4-13</b>	<b>LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN</b>	<b>103</b>

LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN UND COGNITIVE LOAD	103
GESTALTUNG VON LÖSUNGSBEISPIELEN	104
LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN VS. SELBSTSTÄNDIGES PROBLEMLÖSEN	105
<b>4-14 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 4</b>	<b>106</b>

## *E M P I R I S C H E R   T E I L*

<b><u>KAPITEL 5 ZIELE, HYPOTHESEN, DESIGN UND INSTRUMENTE</u></b>	<b>107</b>
<b>5-1 ZIELE UND HYPOTHESEN</b>	<b>107</b>
<b>5-2 STUDIENDESIGN</b>	<b>109</b>
INTERVENTIONSSTUDIE IM KONTROLLGRUPPENDESIGN	109
AUFGABENENTWICKLUNG	111
<b>5-3 ERHEBUNGSINSTRUMENTE</b>	<b>113</b>
VIDEOGRAFIERUNG	113
KODIERVERFAHREN ZUR VIDEOANALYSE	115
LEISTUNGSTESTS	115
INTERESSEN- UND MOTIVATIONSTESTS	117
ERHEBUNG VON KONTROLLVARIABLEN	118
<b>5-4 WEITERER AUFBAU DES EMPIRISCHEN TEILS</b>	<b>119</b>
<b>5-5 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 5</b>	<b>120</b>
<b><u>KAPITEL 6 VORSTUDIE</u></b>	<b>121</b>
<b>6-1 ZIELE</b>	<b>121</b>
<b>6-2 DESIGN DER VORSTUDIE</b>	<b>122</b>
ANLAGE DER UNTERSUCHUNG	122
ENTWICKLUNG EINES KODIERVERFAHRENS ZUR IDENTIFIKATION VON BASISMODELLHANDLUNGEN	123
AUSWAHL UND TRAINING DER KODIERER	124
<b>6-3 ERGEBNISSE: SPRACHLICHE UND INHALTLICHE ANALYSE</b>	<b>124</b>
BEISPIEL I: ERKLÄRUNG VON FACHBEGRIFFEN	125
BEISPIEL II: VERÄNDERUNG VON ABBILDUNGEN UND ANTWORTFORMATEN	125
BEISPIEL III: ZUSÄTZLICHE ERLÄUTERUNGEN ZUM DRITTEN NEWTONSCHEN AXIOM	129
ZUSAMMENFASSUNG DER AUFGABENMODULE „NEWTON I“ UND „NEWTON II/III“	130
<b>6-4 ERGEBNISSE: KODIERUNG DER VORSTUDIENVIDEOS</b>	<b>131</b>
KODIERERÜBEREINSTIMMUNG	131
ZUORDNUNG DER AUFGABEN ZU DEN BASISMODELLEN	132
<b>6-5 DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>134</b>

---

SPRACHLICHE UND INHALTLICHE ANALYSE	134
(UN-)BRAUCHBARKEIT DES KODIERVERFAHRENS – MÖGLICHE URSACHEN	134
BRAUCHBARKEIT DES KODIERVERFAHRENS?	135
<b>6-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 6</b>	<b>136</b>
<b><u>KAPITEL 7 ANLAGE DER HAUPTSTUDIE</u></b>	<b><u>137</u></b>
<b>7-1 HYPOTHESEN UND ERHEBUNGSINSTRUMENTE</b>	<b>137</b>
<b>7-2 STUDIENDESIGN</b>	<b>138</b>
INTERVENTIONSSTUDIE IM KONTROLLGRUPPENDESIGN	138
IMPLEMENTATION DES AUFGABENMODULS „DIE NEWTONSCHEN AXIOME“	139
<b>7-3 AUFBAU DER ERGEBNISDARSTELLUNG</b>	<b>140</b>
<b>7-4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 7</b>	<b>141</b>
<b><u>KAPITEL 8 ANALYSE UND ERGEBNISSE DER TESTDATEN</u></b>	<b><u>143</u></b>
<b>8-1 KOGNITIVER FÄHIGKEITSTEST</b>	<b>145</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	145
ERGEBNISSE	145
<b>8-2 TIMSS-TEST</b>	<b>146</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	146
PRE-TEST-ERGEBNISSE	147
POST-TEST-ERGEBNISSE	148
VERGLEICH VON PRE- UND POST-TEST-ERGEBNISSEN	148
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS DEN TIMSS-TESTS	149
<b>8-3 INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGEN</b>	<b>149</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	149
PRE-TEST-ERGEBNISSE	151
POST-TEST-ERGEBNISSE	152
VERGLEICH VON PRE- UND POST-TEST-ERGEBNISSEN	152
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS DEM INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGEN	154
<b>8-4 INHALTSTEST ZUR ELEKTRIZITÄTSLEHRE</b>	<b>157</b>
<b>8-5 INHALTSTEST ZUR MECHANIK</b>	<b>157</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	157
ERGEBNISSE	158
<b>8-6 KORRELATIONEN ZWISCHEN DEN TESTDATEN</b>	<b>159</b>
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN TIMSS-PRE- UND POST-TEST	159
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN TEILEN DES MECHANIKTESTS	160
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN SKALEN DES KOGNITIVEN FÄHIGKEITSTESTS (KFT)	161
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN SKALEN DES INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGENS	161
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN TIMSS UND DEN ANDEREN LEISTUNGSTESTS	162

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTELLIGENZ (KFT) UND LEISTUNGSTESTS	162
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTERESSE/MOTIVATION (InMo) UND LEISTUNGSTESTS	163
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTERESSE/MOTIVATION (InMo) UND INTELLIGENZ (KFT)	164
<b>8-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 8</b>	<b>165</b>
<b><u>KAPITEL 9 ANALYSE UND ERGEBNISSE DER VIDEODATEN</u></b>	<b><u>167</u></b>
<b>9-1 KONZEPT DER VIDEOANALYSEN</b>	<b>168</b>
ANALYSE DER UNTERRICHTSVIDEOS NACH REYER	168
AUSWAHL DER ANALYSIERTEN STUNDEN	168
<b>9-2 ANALYSE DER SICHTSTRUKTUR</b>	<b>170</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	170
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	171
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	175
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	179
ZUSAMMENFASSUNG DER SICHTSTRUKTURANALYSEN	184
<b>9-3 ANALYSE DER LEHRZIELTYPEN</b>	<b>184</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	184
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	185
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	186
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	188
ZUSAMMENFASSUNG DER LEHRZIELTYPENANALYSEN	189
<b>9-4 ANALYSE DER INHALTSHANDLUNGEN</b>	<b>189</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	189
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	191
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	192
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	194
ZUSAMMENFASSUNG DER INHALTSHANDLUNGENANALYSEN	195
<b>9-5 BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG</b>	<b>196</b>
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER SICHTSTRUKTUR	197
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER LEHRZIELTYPEN	198
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER INHALTSHANDLUNGEN	199
ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG	200
<b>9-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 9</b>	<b>201</b>
<b><u>KAPITEL 10 ERGEBNISDISKUSSION</u></b>	<b><u>203</u></b>
<b>10-1 AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN VON INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE</b>	<b>203</b>
<b>10-2 HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 1</b>	<b>204</b>
<b>10-3 HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 2</b>	<b>205</b>
<b>10-4 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 1</b>	<b>206</b>

Inhaltsverzeichnis	IX
<b>10-5 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 2</b>	<b>207</b>
<b>10-6 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 3</b>	<b>208</b>
<b>10-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 10</b>	<b>209</b>
<b><u>KAPITEL 11 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK</u></b>	<b><u>211</u></b>
<b>11-1 ZUSAMMENFASSUNG DES THEORETISCHEN TEILS</b>	<b>211</b>
<b>11-2 ZUSAMMENFASSUNG DES EMPIRISCHEN TEILS</b>	<b>213</b>
<b>11-3 AUSBLICK</b>	<b>214</b>
<b><u>LITERATURVERZEICHNIS</u></b>	<b><u>219</u></b>
<b><u>ANHANG</u></b>	<b><u>229</u></b>

## TABELLENVERZEICHNIS

---

<i>Tabelle 1: Übersicht über die zehn Basismodelle nach Reyer</i>	48
<i>Tabelle 2: Gegenüberstellung der Anforderungsmerkmale im Kategoriensystem und bei KLIEME 2000, Generalisierbarkeit der Anforderungsmerkmale</i>	74
<i>Tabelle 3: Korrelation zwischen Experteneinschätzungen der Anforderungsmerkmale und der Itemschwierigkeit</i>	76
<i>Tabelle 4: Kompetenzstufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung, aufgegliedert nach Prozessen</i>	81
<i>Tabelle 5: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeit der PISA 2000 Items, die den kognitiven Kompetenzen zugeordnet sind</i>	83
<i>Tabelle 6: Regressionsgewichte und Standardfehler der Aufgabenmerkmale zur Vorhersage der Itemschwierigkeiten</i>	85
<i>Tabelle 7: Verteilung der PISA-Items Mathematik</i>	87
<i>Tabelle 8: Stufen der Lesekompetenz</i>	90
<i>Tabelle 9: Lösungshäufigkeiten für die Skalen der kognitiven Kompetenzen</i>	93
<i>Tabelle 10: Zusammenstellung verschiedener Ansätze zu Aufgabenmerkmalen</i>	98
<i>Tabelle 11: Zusammensetzung von Interventions- und Kontrollgruppe nach Geschlecht und Teilnahmeart</i>	110
<i>Tabelle 12: Überblick über die im Rahmen der Hauptstudie videografierten Stunden</i>	114
<i>Tabelle 13: Cohens Kappa für die Kodierung der Vorstudie</i>	132
<i>Tabelle 14: Anzahl von Kodierzugeordnungen der Aufgaben zu den Basismodellen</i>	133
<i>Tabelle 15: Ergebnisse des Kognitiven Fähigkeitstests (t-Werte)</i>	146
<i>Tabelle 16: Ergebnisse des TIMSS-Pre-Tests</i>	147
<i>Tabelle 17: Ergebnisse des TIMSS-Post-Tests</i>	148
<i>Tabelle 18: Ergebnisse des TIMSS-Pre- und Post-Tests im Vergleich</i>	148
<i>Tabelle 19: Differenzen zwischen TIMSS-Pre- und Post-Tests</i>	148
<i>Tabelle 20: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Pre-Tests</i>	151
<i>Tabelle 21: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Post-Tests</i>	152
<i>Tabelle 22: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Pre- und Post-Test im Vergleich</i>	152

<i>Tabelle 23: Aufschlüsselung des Interesses an Mathematik und Naturwissenschaften nach Unterrichtsfächern</i>	153
<i>Tabelle 24: Gesamtübersicht über die Ergebnisse des Interessen- und Motivationsfragebogens</i>	156
<i>Tabelle 25: Ergebnisse des Inhaltstests zur Elektrizitätslehre</i>	157
<i>Tabelle 26: Ergebnisse des Inhaltstests zur Mechanik</i>	158
<i>Tabelle 27: Korrelationen zwischen TIMSS-Pre- und Post-Test</i>	160
<i>Tabelle 28: Korrelation zwischen den Teilen des Mechaniktests</i>	160
<i>Tabelle 29: Zusammenhang zwischen den Skalen des kognitiven Fähigkeitstests (KFT)</i>	161
<i>Tabelle 30: Zusammenhang zwischen den ausgewählten Skalen des Interessen- und Motivationsfragebogens</i>	162
<i>Tabelle 31: Zusammenhang zwischen TIMSS und den anderen Leistungstests</i>	162
<i>Tabelle 32: Zusammenhang zwischen Intelligenz und Leistungstests</i>	163
<i>Tabelle 33: Zusammenhang zwischen Interesse/Motivation und Leistungstests</i>	164
<i>Tabelle 34: Zuordnung der Inhaltshandlungen zu den Basismodellen</i>	191
<i>Tabelle 35: Übersicht über Kontext und Repräsentationsform der Inhaltshandlungen</i>	195
<i>Tabelle 36: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Lehrerverhalten</i>	197
<i>Tabelle 37: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Schülerverhalten</i>	197
<i>Tabelle 38: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Klassenorganisation</i>	198
<i>Tabelle 39: Beurteilerübereinstimmung Lehrzieltypen</i>	198
<i>Tabelle 40: Beurteilerübereinstimmung Inhaltshandlungen</i>	199

---

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

---

Abbildung 1: Verbale Lehreraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	172
Abbildung 2: Manipulative Lehreraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	172
Abbildung 3: Verbale Schüleraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	173
Abbildung 4: Manipulative Schüleraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	173
Abbildung 5: Interaktionsformen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	174
Abbildung 6: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	174
Abbildung 7: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....	175
Abbildung 8: Verbale Lehreraktionen in den Stunden "Kreisbewegung" .....	176
Abbildung 9: Manipulative Lehreraktionen in den Stunden "Kreisbewegung" .....	176
Abbildung 10: Verbale Schüleraktionen in den Stunden "Kreisbewegung" .....	177
Abbildung 11: Manipulative Schüleraktionen in den Stunden "Kreisbewegung" .....	177
Abbildung 12: Organisationsformen in den Stunden "Kreisbewegung" .....	178
Abbildung 13: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in den Stunden "Kreisbewegung" .....	178
Abbildung 14: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in den Stunden „Kreisbewegung“ .....	179
Abbildung 15: Verbale Lehreraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" .....	180
Abbildung 16: Manipulative Lehreraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" ..	180
Abbildung 17: Verbale Schüleraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" .....	181
Abbildung 18: Manipulative Schüleraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" ..	181
Abbildung 19: Interaktionsformen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" .....	182
Abbildung 20: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" .....	183
Abbildung 21: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome" .....	183
Abbildung 22: Lehrzieltypen in den Stunden „Elektrisches Feld“ .....	186
Abbildung 23: Lehrzieltypen in den Stunden „Kreisbewegung“ .....	187



<i>Abbildung 24: Lehrzieltypen in den Stunden „Newtonsche Axiome“ .....</i>	<i>188</i>
<i>Abbildung 25: Inhaltshandlungen in den Stunden "Elektrisches Feld" .....</i>	<i>192</i>
<i>Abbildung 26: Inhaltshandlungen in den Stunden "Kreisbewegung" .....</i>	<i>193</i>
<i>Abbildung 27: Inhaltshandlungen in den Stunden "Newtonsche Axiome" .....</i>	<i>194</i>

---



## **EINLEITUNG**

---

TIMSS<sup>1</sup> und PISA<sup>2</sup>, PISA und TIMSS – zwei Abkürzungen, die die Fachdidaktiken der Mathematik und der Naturwissenschaften verändert haben. Aber nicht nur die Fachdidaktiken, auch die Bildungspolitik und die öffentliche Meinung zu Schule und Bildungsfragen werden seit nunmehr etwa einem Jahrzehnt von diesen beiden internationalen Bildungsstudien beeinflusst. Und dies wird in Deutschland vermutlich bis auf weiteres so bleiben.

Die Bildungspolitik hat mit einer Vielzahl von Maßnahmen auf die Ergebnisse reagiert, die dem deutschen Bildungssystem nur ausreichende bis mangelhafte Noten geben: Ganztagschule, Schulzeitverkürzung auf 12 Schuljahre, Zentralabitur, zentrale Lernstandserhebungen, Diskussionen über die Abschaffung des dreigliedrigen Schulwesens, Kritik an Schülern, Eltern und Lehrern, Reform der Lehrerbildung, Diskussionen um Kompetenzen und Einführung von Kerncurricula; die Aufzählung ließe sich durchaus noch erweitern. Viele dieser Anregungen und Veränderungen lassen sich allerdings nur bedingt durch die Ergebnisse der beiden Studien begründen. In Frankreich wird, begründet mit den schlechten PISA-Ergebnissen französischer Schülerinnen und Schüler, naturwissenschaftlicher Unterricht zugunsten des Fachunterrichts abgeschafft, in einzelnen Bundesländern entsteht zurzeit mit der selben Begründung die entgegengesetzte Tendenz.

In den Schulen führt all dies zu einigem Unmut: Die eine Reform ist noch nicht oder gerade erst umgesetzt, da steht schon die nächste Veränderung an. Welche Maßnahme am Ende welche Resultate hervorbringt, dies wird durch die Vielzahl von Interventionen wohl kaum noch reproduzierbar sein. Die Umsetzung der Reformvorhaben bindet zudem viel Aufmerksamkeit und Arbeitskraft der Lehrerinnen

---

<sup>1</sup> Third International Mathematics and Science Study

<sup>2</sup> Programme for International Student Assessment

und Lehrer, die dann für ihr eigentliches Geschäft, den Unterricht, nicht mehr zur Verfügung steht.

Diese Arbeit widmet sich einer zentralen Aufgabe von Physiklehrerinnen und Physik Lehrern: Wie kann Physikunterricht so verändert werden, dass Schülerinnen und Schüler bessere Lernerfolge erzielen und somit auch in entsprechenden Tests bessere Leistungen zeigen?

Dazu werden zunächst einige grundlegende Annahmen zum Lernen im Physikunterricht gemacht. Den damit verbundenen Ansprüchen an Physikunterricht wird dann die Realität gegenüber gestellt: Ausgehend von der TIMS-Studie werden Problemfelder des deutschen Mathematik- und Physikunterrichts benannt. Zur Verbesserung des Physikunterrichts werden Eigenschaften „guten“ Physikunterrichts dargelegt und wünschenswerte Weiterentwicklungen diskutiert.

Als ein möglicher Weg einer solchen Weiterentwicklung wird die Theorie der Basismodelle vorgestellt, auf den Physikunterricht angewendet und mit den vorangegangenen theoretischen Grundlagen verknüpft. Es ist ein zentrales Ziel dieser Arbeit, die Theorie der Basismodelle als eine Möglichkeit zur lernprozessorientierten Unterrichtsgestaltung zu evaluieren. Zusätzlich soll dem Einsatz von Aufgaben im Physikunterricht Aufmerksamkeit gewidmet werden: Nach Basismodellen konstruierte Aufgaben können dabei helfen, den Unterricht im Sinne der hier vertretenden Theorie gezielt zu strukturieren. Dazu ist es nötig, Aufgaben auch inhaltlich einschätzen zu können. Ein dazu entworfenes Kategoriensystem wird ausführlich diskutiert.

Der empirische Teil dieser Arbeit widmet sich der Frage nach der Umsetzbarkeit und Lernwirksamkeit der Unterrichtsgestaltung und Aufgabenkonstruktion auf Grundlage der Theorie der Basismodelle. Dazu wird eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign vorgestellt, die während des Schuljahres 2002/03 in der Jahrgangsstufe 11 eines Dortmunder Gymnasiums durchgeführt wurde.

# *THEORETISCHER TEIL*

## **KAPITEL 1**

### **LERNEN IM PHYSIKUNTERRICHT**

---

<b>1-1</b>	<b>LEHRZIELE DES PHYSIKUNTERRICHTS</b>	<b>4</b>
<b>1-2</b>	<b>„SCIENTIFIC LITERACY“</b>	<b>5</b>
	WAS BEDEUTET „SCIENTIFIC LITERACY“?	5
	KRITIK AN SCIENTIFIC LITERACY	6
	SCIENTIFIC LITERACY ALS KONTINUUM	6
	SCIENTIFIC LITERACY NACH PISA	7
<b>1-3</b>	<b>LERNPROZESSE IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>8</b>
	KONSTRUKTIVISTISCHE PERSPEKTIVE	8
	ABGRENZUNG DES PRAGMATISCHEN KONSTRUKTIVISMUS GEGEN DIE KOGNITIONSTHEORIE UND DEN RADIKALEN KONSTRUKTIVISMUS	9
	SCHWIERIGKEITEN SCHULISCHEN LERNENS AUS KONSTRUKTIVISTISCHER PERSPEKTIVE	10
	ANFORDERUNGEN AN KONSTRUKTIVISTISCHE LERNUMGEBUNGEN	11
<b>1-4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 1</b>	<b>13</b>

---

Im ersten Kapitel dieser Arbeit sollen zunächst grundlegende Annahmen zum Lernen im Physikunterricht diskutiert werden. Dabei stehen die folgenden Leitfragen im Vordergrund:

Welche Ziele hat Lernen im Physikunterricht?

Wie lernen Schülerinnen und Schüler im Physikunterricht?

Ausgehend von der ersten Frage werden allgemeine Zielvorstellungen des Physikunterrichts formuliert, die letztendlich auf das Lehrziel „Scientific Literacy“ im Sinne von PISA hinauslaufen. Die zweite Frage führt zur Darstellung einer moderat konstruktivistischen Perspektive des Lernens im Physikunterricht.

Beide Aspekte, Scientific Literacy und eine konstruktivistische Sichtweise des Lernens, sind als allgemeiner Hintergrund dieser Arbeit zu sehen.

## 1-1 LEHRZIELE DES PHYSIKUNTERRICHTS

Wir leben in einer von Technologie geprägten Gesellschaft. Veränderungen in dieser Gesellschaft hängen eng mit technologischen Entwicklungen zusammen. Den Naturwissenschaften als Grundlage vieler technischer Disziplinen kommt damit eine Schlüsselrolle für zukünftige technische und gesellschaftliche Veränderungen zu. Dabei ist davon auszugehen, dass die Bedeutung der Naturwissenschaften in Zukunft noch zunehmen wird (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 191).

Bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Allgemeinbildung ist es daher von Nöten, „Basisqualifikation zu vermitteln, die für eine verständige und reflektierbare Teilhabe am gesellschaftlichen und öffentlichen Leben [...] unentbehrlich sind“ (BLK 1997, S. 11). Die Summe des im System der Naturwissenschaften vorhandenen Wissens kann aber kaum im vollen Umfang innerhalb der Schulzeit vermittelt werden. Auch ist nicht abzusehen, welche neuen technologischen und gesellschaftlichen Entwicklungen sich innerhalb der Lebensspanne heutiger Schülerinnen und Schüler ergeben werden. Dies zeigt gerade die jüngste Geschichte überdeutlich, etwa in Fragen von Energieversorgung oder Gentechnik. Daher genügt es nicht, bloßes Wissen zu vermitteln. Vielmehr muss naturwissenschaftliches Wissen in unterschiedlichsten Situationen flexibel anwendbar und anschlussfähig sein, d. h. eine Grundlage schaffen, die auch nach der Schulzeit erfolgreiches, selbstständiges Weiterlernen ermöglicht (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 193; BLK 1997, S. 11).

Im Hinblick auf die Bedeutung der Schule bei der Vermittlung einer solchen naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung stellt die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung in ihrer Expertise (BLK 1997) fest, dass die Schule „je nach Wissensdomäne [...] eine herausgehobene Vermittlungsaufgabe [hat] oder [...] ein Anbieter unter anderen (ist)“ (BLK 1997, S.12). Für mathematische Bildung, die mehr als praktische Rechenfertigkeiten umfasst, wird der Schule ein „Vermittlungsmonopol“ zugesprochen (ebd.). Für physikalische Bildung, die mehr als alltagstaugliche Erklärungen unterschiedlicher Phänomene umfasst, dürfte ein ähnliches Monopol bestehen. Damit kommt dem Physikunterricht gemeinsam mit den anderen Naturwissenschaften die verantwortungsvolle Aufgabe zu, Schülerinnen und

Schüler auf eine von Naturwissenschaften und Technik geprägte Gesellschaft vorzubereiten.

## 1-2 „SCIENTIFIC LITERACY“

### *Was bedeutet „Scientific Literacy“?*

Im vorangegangenen Abschnitt wurde bereits die Forderung erhoben, der Physikunterricht solle Schülerinnen und Schüler auf eine „verständige und reflektierbare Teilhabe am gesellschaftlichen und öffentlichen Leben“ vorbereiten. (BLK 1997, S. 11). Eine derartig angelegte naturwissenschaftliche Grundbildung, die über rein fachliche Inhalte und Kompetenzen hinaus Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen soll, „gesellschaftlich relevante Diskussionen über Themen, in denen das jeweilige Unterrichtsfach eine Rolle spielt, zu verstehen und eventuell sogar mitzugestalten“ (FISCHER 1998, S. 41), wird im angloamerikanischen Raum schon sehr viel länger als in Deutschland unter dem Begriff „Scientific Literacy“ diskutiert. In der deutschen Fachdidaktik hat sich hierfür der Begriff „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ durchgesetzt. In dieser Arbeit werden beide Begriffe synonym verwendet.

Zur Operationalisierung dieses abstrakten und sehr allgemeinen Lehrziels können einzelne Kompetenzbereiche von Scientific Literacy unterschieden werden (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 195; FISCHER 1998, S. 42):

- (1) Verständnis zentraler naturwissenschaftlicher Begriffe, Phänomene und Konzepte
- (2) Kenntnis naturwissenschaftlicher Arbeits- und Denkweisen (Planung, Durchführung und Analyse von Experimenten, Aufstellen und Überprüfen von Hypothesen, Präsentation von Ergebnissen)
- (3) Grundlegende Kenntnis der Natur der Naturwissenschaft (wissenschafts- und erkenntnistheoretische Fragen der Naturwissenschaften, Wissenschaftsgeschichte)
- (4) Vorstellungen über das Verhältnis von Naturwissenschaften, Technik und Gesellschaft zueinander

Sowohl seine grundlegende Intention als auch seine Operationalisierung kennzeichnen den hohen Anspruch von Scientific Literacy. Zumeist ist dieser hohe Anspruch der Ansatzpunkt für Kritik am Konzept von Scientific Literacy.

### *Kritik an Scientific Literacy*

Deutlichster Kritiker des Bildungsziels Scientific Literacy ist SHAMOS (1996a, 1996b), der Scientific Literacy für unrealistisch hält und als „Mythos“ bezeichnet. Er weist darauf hin, dass selbst Experten bei gesellschaftlichen Fragestellungen ihre Entscheidungen nicht immer rational trafen. Entsprechend sei kaum davon auszugehen, Normalbürger durch naturwissenschaftliche Erziehung zu unabhängigen, leidenschaftslosen Entscheidungen befähigen zu können:

„Not even professional scientists can always be relied upon to vote with their heads instead of their feet, and no reasonable amount of science education can ever get the average person to the point where he or she is able to judge such issues independently and dispassionately.“ (SHAMOS 1996a, S. 49)

Er weist weiter auf eklatante Differenzen zwischen dem hin, was Scientific Literacy fordert, und dem in der schulischen Realität vorfindbaren Stand. Außerdem seien die mit Scientific Literacy verbundenen Kompetenzen keineswegs als für Schülerinnen und Schüler lebensnotwendig zu betrachten (vgl. PRENZEL ET AL 2001, S. 196). Stattdessen fordert SHAMOS, sich damit zu begnügen, Vertrauen in die Methoden der Naturwissenschaften und in ihren Fortschritt zu vermitteln:

“If science education for the general public does no more than give the public confidence in the methods and process of science, it will have accomplished all that the scientific community could reasonably hope for it.“ (SHAMOS 1996b, S. 1102)

### *Scientific Literacy als Kontinuum*

Zweifellos ist SHAMOS' Kritik an Scientific Literacy nicht unbegründet. Andererseits ist der mit diesem Bildungsziel verbundene, sehr hohe Anspruch noch kein ausreichender Grund, dieses abzulehnen. Die Auseinandersetzung über die Erreichbarkeit von Scientific Literacy hat allerdings dazu geführt, Scientific Literacy nicht mehr als ein festes, übergeordnetes Ziel zu verstehen, sondern als Kontinuum. Innerhalb dieses Kontinuums lassen sich verschiedene Stufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung beschreiben. Ein gängiges Modell hierzu



stammt von BYBEE (1997), der vier Stufen naturwissenschaftlicher Grundbildung unterscheidet (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 196):

(1) *Nominelle naturwissenschaftliche Grundbildung*

Oberflächliches Wissen um Ausdrücke, Fakten und Formeln, ohne dass deren Gehalt verstanden wird. In Erklärungsversuchen dominieren Alltagsvorstellungen.

(2) *Funktionale naturwissenschaftliche Grundbildung*

In einigen Bereichen können naturwissenschaftliche Begriffe adäquat verwendet werden, ohne dass diese jedoch vollständig verstanden oder in Zusammenhänge eingeordnet werden können.

(3) *Konzeptuelle und prozedurale Grundbildung*

Naturwissenschaftliche Konzepte, Denk- und Arbeitsweisen sowie ihre Zusammenhänge werden verstanden und situationsgerecht angewandt.

(4) *Mehrdimensionale naturwissenschaftliche Grundbildung*

Scientific Literacy in voller Ausprägung: Elemente aus den verschiedenen Disziplinen können miteinander in Beziehung gebracht werden. Es herrscht ein Verständnis für die Natur der Naturwissenschaften, ihre Geschichte und ihre Bedeutung für die Gesellschaft.

### *Scientific Literacy nach PISA*

Entgegen der bisherigen Darstellung wurde die Diskussion um Scientific Literacy durchaus kontrovers geführt (vgl. FISCHER 1998, S. 41). Durch die PISA-Studie, die sich am Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung orientiert, wurde jedoch praktisch ein Standard für die Definition von Scientific Literacy entwickelt. Danach ist Scientific Literacy die

„Fähigkeit [...], naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD 2001, S. 60).

Damit orientiert sich PISA an der konzeptuellen und prozeduralen Grundbildung (Stufe 3) im Stufenmodell von BYBEE (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 198).

Zusätzlich wird in PISA noch zwischen drei verschiedenen Aspekten naturwissenschaftlicher Grundbildung unterschieden (edb.):

- naturwissenschaftliche Prozesse,
- naturwissenschaftliche Konzepte  
und
- Anwendungsbereiche.

Innerhalb dieser Arbeit werden die Begriffe „Scientific Literacy“ und „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ nun im Sinne von PISA verstanden.

### 1-3 LERNPROZESSE IM PHYSIKUNTERRICHT

#### *Konstruktivistische Perspektive*

Es soll hier darauf verzichtet werden, die diversen Varianten des Konstruktivismus darzustellen oder zu diskutieren, die in der Naturwissenschaftsdidaktik zum Tragen kommen. Stattdessen wird in dieser Arbeit auf den gemeinsamen Kern der meisten Varianten der konstruktivistischen Perspektive abgehoben, der von DUIT (1995, S. 905) als „pragmatischer, moderater Konstruktivismus“ bezeichnet wird.

Danach ist Wissenserwerb ein aktiver Prozess, bei dem Lernende neues Wissen auf Grundlage schon vorhandenen Wissens konstruieren. Lernen ist somit ein selbstgesteuerter Prozess, der zudem stets in seinem sozialen Kontext betrachtet werden muss (ebd.). Daraus leitet sich ein neues Verständnis von „Lernstrategien“ ab: Statt vorwiegend praktische Organisationshilfen zu bieten, sollten Lernstrategien dem Lerner vielmehr dabei helfen, auf kognitiver Ebene den eigenen Lernprozess zu steuern (vgl. NOLD 1992, S. 10).

Für diese konstruktivistische Sichtweise des Lernens sprechen Befunde sowohl aus der Fachdidaktik selbst als auch aus anderen Wissenschaften (vgl. DUIT 1995, S. 908):

- Die konstruktivistische Perspektive erlaubt eine konsistente Interpretation der umfangreichen fachdidaktischen Befunde zu Miss- bzw. Prä-Konzepten (nicht belastbare Alltagskonzepte) und ihres Einflusses auf unterrichtliches Lernen.
- Die Annahme von Lernen als aktivem Prozess deckt sich mit neurophysiologischen Forschungsergebnissen zum Wahrnehmen: Sinnesorgane sind danach nicht mehr isoliert als passive Empfangseinheiten zu verstehen, sondern

als integrativer Bestandteil des Gehirns, das für Wahrnehmung als konstruktiven Prozess zuständig ist.

Die Folgen der konstruktivistischen Perspektive für die Sicht vom Lernen sind weit reichend. Es sei hier nur darauf hingewiesen, dass von Schülerinnen und Schülern, etwa bei der Beobachtung eines Experiments, nicht erwartet werden kann, genau das zu sehen, was die Lehrperson sieht. Sie können tatsächlich auch etwas anderes beobachten, denn ihre Wahrnehmungen werden massiv von ihren individuellen Vorstellungen und Erwartungen beeinflusst (vgl. DUIT 1995, S. 909f.) – ein Phänomen, dem sich auch Wissenschaftler nicht entziehen können (vgl. KUHN 1976, S. 128f.).

Die Annahme einer konstruktivistischen Sichtweise auf das Lernen macht aber letztlich nicht nur eine Neubewertung traditioneller Annahmen über das „Wie?“ des Lernens im Physikunterricht nötig, sondern auch über das „Was?“. Statt bloßer Vermittlung naturwissenschaftlicher Begriffe und Konzepte muss zusätzlich die persönliche und gesellschaftliche Bedeutung der physikalischen Inhalte thematisiert werden (vgl. DUIT 1995, S. 911). Dies deckt sich mit den unabhängig hiervon bereits erhobenen Forderungen zur naturwissenschaftlichen Grundbildung.

#### *Abgrenzung des pragmatischen Konstruktivismus gegen die Kognitionstheorie und den radikalen Konstruktivismus*

Ähnlich wie aus konstruktivistischer Perspektive wird der Lernende in der Kognitionstheorie als Individuum betrachtet, das äußere Einflüsse zunächst selektiert und dann aktiv verarbeitet. Lernen aus kognitionstheoretischer Sicht besteht daher im Selektieren, Organisieren und Integrieren neuer Informationen (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 183f.). Dennoch wird von einer Wechselwirkung zwischen internen Prozessen des Lernalters und den externen Elementen seiner Lernumgebung ausgegangen, die die Steuerung der Lernenden in einem gewissen Umfang erlaubt (ebd., S. 184).

Diese Möglichkeit zur Steuerung des Lernenden wird im Konstruktivismus sehr viel kritischer eingeschätzt. In der radikalen Variante bestreitet der Konstruktivismus sogar jeden Zugang des Individuums zu seiner Umgebung und damit jeden Einfluss der Umwelt auf Lernprozesse. Damit erscheinen auch alle Bemühungen um die Organisation von Lernprozessen sinnlos.

Die Zwischenposition, der pragmatische Konstruktivismus, verbindet beide Standpunkte: Einerseits wird im Sinne des Konstruktivismus die Bedeutung der aktiven, individuellen Konstruktion in verschiedenen Problemsituationen betont, andererseits wird im Sinne der Kognitionstheorie von einer – wenn auch eingeschränkten – Möglichkeit zur Beeinflussung des Lernprozesses durch die Lernumgebung ausgegangen (ebd.).

### *Schwierigkeiten schulischen Lernens aus konstruktivistischer Perspektive*

Einige Schwierigkeiten von Lernprozessen aus konstruktivistischer Sicht wurden bereits angesprochen, zwei weitere wichtige sind noch zu nennen: die Bedeutung des Vorwissens und die Bindung an den Erwerbskontext.

Der aktive Aufbau von neuem Wissen hängt maßgeblich vom bereits vorhandenen Wissen ab (vgl. DUIT 1995, S. 910). Der Erfolg von Lernprozessen ist daher unmittelbar vom Vorwissen abhängig. Somit muss im Physikunterricht einerseits dieses Vorwissen berücksichtigt werden, andererseits ist im Hinblick auf die geforderte Anschlussfähigkeit des in der Schule erworbenen Wissens eine möglichst breite und flexible Wissensbasis bei den Schülerinnen und Schülern anzustreben (vgl. BLK 1997, S. 17).

Wissen ist zudem nicht ohne weiteres flexibel einsetzbar: Da es innerhalb eines sozialen Kontextes aktiv konstruiert wurde, ist der Erwerbskontext Teil dieser Konstruktion. Anders formuliert: Das im Rahmen des Kontextes „Schule“ erworbene Wissen mag in diesem Kontext relativ leicht wieder abrufbar sein, in anderen Kontexten – etwa im Alltag – steht es dagegen nicht unbedingt zur Verfügung. Wird Wissen nur innerhalb eines einzelnen, isolierten Zusammenhangs vermittelt, so kann es kaum unabhängig von seiner Erwerbssituation genutzt werden, es entsteht so genanntes „träges Wissen“ (inert knowledge) (vgl. MIETZEL 1998, S. 311f.).

*Anforderungen an konstruktivistische Lernumgebungen*

Zusammenfassend hat Lernen aus konstruktivistischer Sicht folgende Eigenschaften (vgl. BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 273f.; MIETZEL 1998, S. 31; HELMKE 2002, S. 66):

1. Lernen ist ein aktiver, individueller Konstruktionsprozess.

*Für verständnisvolles Lernen ist die aktive mentale Verarbeitung neuer Informationen von entscheidender Bedeutung. Neue Informationen müssen individuell aufgearbeitet und mit vorhandenen Wissensstrukturen in Beziehung gesetzt und vernetzt werden. Lernen ist also nicht die passive Aufnahme und mechanische Verarbeitung von extern vermitteltem Wissen. Selbst rezeptives Lernen, soll es verständnisvoll sein, ist eine aktive, individuelle Konstruktionsleistung.*

2. Lernen erfolgt kumulativ.

*Lernen baut auf bereits vorhandenen Wissensstrukturen auf. Damit sind Lernverläufe von Umfang, Verfügbarkeit und Anwendbarkeit des bestehenden Wissens abhängig. Mit zunehmendem Anspruch der Anforderungen wächst auch die Bedeutung des Vorwissens für den Lernerfolg.*

3. Lernen verläuft situiert und kontextuiert.

*Wissen wird stets in sozialen Kontexten konstruiert. Dieser Erwerbszusammenhang ist Teil des konstruierten Wissens. Seine Anwendung in anderen Zusammenhängen, etwa in Alltagssituationen, ist nicht ohne weiteres möglich, sondern erfordert vielmehr eine gezielte Variation von Erwerbs- und Anwendungszusammenhängen.*

4. Lernen wird motivational beeinflusst.

*Die Effektivität der Verarbeitung neuer Informationen hängt auch von der motivationalen Lage des Individuums ab.*

Darauf aufbauend muss eine konstruktivistische Lernumgebung den Schülerinnen und Schülern Raum für eigene Gedankengänge und mentale Konstruktionen geben, die Bedeutung des Vorwissens berücksichtigen, verschiedenste Anwendungszusammenhänge herstellen sowie motivationsunterstützende Maßnahmen umfassen. In Anlehnung an TAYLOR & FRASER (1991) benennt DUIT (1995, S. 216) vier Skalen für die Bewertung von Lernumgebungen aus konstruktivistischer Perspektive:

- *Autonomie-Skala*

Haben die Schülerinnen und Schüler Freiraum für selbstbestimmtes Arbeiten und die Entwicklung eigener Gedankengänge?

- *Vorwissens-Skala*

Werden die Schülerinnen und Schüler ermutigt, neue Informationen mit ihrem Vorwissen in Verbindung zu bringen?

- *Verhandlungs-Skala*

Können Lernende und Lehrende untereinander Bedeutungszuweisungen und Interpretationen vergleichen und diskutieren?

- *Schülerorientierungs-Skala*

Erhalten die Schülerinnen und Schüler die Gelegenheit, den eigenen Lernprozess zu verfolgen und subjektiv anspruchsvolle Aufgaben anzugehen?

Konstruktivistisch orientierte Lernumgebungen ermutigen damit selbstgesteuertes, eigenverantwortliches Lernen. Selbstständiges Lernen ist gleichzeitig Voraussetzung, Mittel und Ziel solchen Lernens (vgl. HELMKE 2003, S. 66).

Diese „neue Lernkultur“ (ebd.) birgt jedoch auch Gefahren in sich, die WEINERT wie folgt zusammenfasst (WEINERT nach HELMKE 2003, S. 67):

- „Romantisierung des lernenden Kindes“: Natürlicher Aufbau und Erwerb von Wissen und Kompetenzen im Vorschulalter dürfen nicht als Prototyp schulischen Lernens dienen.
- „Idealisierung des lernenden Kindes“: Es kann nicht davon ausgegangen werden, dass es stets möglich ist das Interesse der Schülerinnen und Schüler für die zu lernenden Inhalte zu gewinnen.
- „Stigmatisierung des Lehrers als autoritäre Kontrollinstanz“: Trotz aller Förderung selbstständigen Lernens muss die Lehrerin bzw. der Lehrer die entscheidende Kontrollinstanz des Unterrichts bleiben.
- „Dogmatisierung progressiver Unterrichtsmethoden“: Es gibt kein für alle Zwecke gleichermaßen geeignetes Lehrverfahren.

Zusammenfassend ist es im Physikunterricht also wichtig, das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler zu berücksichtigen und ihnen Gelegenheit zum aktiven Aufbau neuen Wissens zu geben. Im Hinblick auf motivationale Prozesse und die Kontextgebundenheit des Erlernten sollten dabei vielfältige und abwechslungsreiche Anwendungssituationen eingebracht werden. Im nächsten Kapitel wird dargestellt, in

wie weit dies der schulischen Realität entspricht. Scientific Literacy im Sinne von PISA und das Stufenmodell von BYBEE werden im Abschnitt über Aufgaben im Physikunterricht (siehe Kapitel 4, Seite 51) erneut aufgegriffen.

#### **1-4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 1**

Ausgehend von einer naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung, die sich an den Anforderungen einer durch Naturwissenschaften und Technik geprägten Gesellschaft orientiert, wurde in diesem Kapitel das Konzept von Scientific Literacy diskutiert und letztlich im Sinne von PISA adaptiert. Dabei werden die Begriffe „Scientific Literacy“ und „Naturwissenschaftliche Grundbildung“ synonym verwendet. Außerdem wurde Lernen aus Sicht eines pragmatischen, moderaten Konstruktivismus als individueller, aktiver Konstruktionsprozess beschrieben, der kumulativ, situiert und kontextuiert abläuft und zudem motivational beeinflusst wird.





## KAPITEL 2

### LEHR-LERNSKRIPTE IM PHYSIKUNTERRICHT

---

<b>2-1</b>	<b>WORAN ERKENNT MAN EIGENTLICH „GUTEN“ UNTERRICHT?</b>	<b>16</b>
<b>2-2</b>	<b>TIMSS-ERGEBNISSE ZUR SCHÜLERLEISTUNG</b>	<b>18</b>
	ERGEBNISSE DER LEISTUNGSDATEN	18
<b>2-3</b>	<b>TIMSS-VIDEO</b>	<b>19</b>
	DESIGN DER STUDIE	19
	VORZÜGE DES INTERKULTURELLEN ANSATZES	20
	„KULTURELLE SKRIPTE“	20
	MATHEMATIKUNTERRICHT IN DEUTSCHLAND, DEN USA UND JAPAN	20
	PROBLEMATIK DES DEUTSCHEN MATHEMATIKUNTERRICHTS	22
<b>2-4</b>	<b>VERKNÜPFUNG VON TIMSS UND TIMSS-VIDEO</b>	<b>23</b>
	VERKNÜPFUNG VON LEISTUNGS- UND VIDEODATEN	23
	ZUSÄTZLICHE DATENQUELLE: SCHÜLEREINSCHÄTZUNGEN	24
<b>2-5</b>	<b>SKRIPTE IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>25</b>
<b>2-6</b>	<b>GRENZEN DER BESCHREIBUNG VON UNTERRICHT DURCH SKRIPTE</b>	<b>26</b>
	TIMSS-1999-VIDEOSTUDIE	26
	NEUERE VIDEOSTUDIEN ZUM PHYSIKUNTERRICHT	27
<b>2-7</b>	<b>QUALITÄT VON (PHYSIK-)UNTERRICHT</b>	<b>29</b>
	RECHTFERTIGUNG DES ANSATZES AUF UNTERRICHTSEBENE	29
	DEFINITION „UNTERRICHTSKLIMA“	30
	DEFINITION „UNTERRICHTSQUALITÄT“	30
	ALLGEMEINE BEFUNDE ZUR UNTERRICHTSQUALITÄT	31
	BEFUNDE ZUR QUALITÄT VON PHYSIKUNTERRICHT	32
	REALITÄT DES PHYSIKUNTERRICHTS	33
<b>2-8</b>	<b>WEITERENTWICKLUNG DES PHYSIKUNTERRICHTS</b>	<b>34</b>
<b>2-9</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 2</b>	<b>36</b>

---

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht die Frage, was die Qualität von Unterricht ausmacht und woran man „guten“ Unterricht erkennt. Als Ausgangspunkt werden Ergebnisse und Interpretationen der Dritten Internationalen Mathematik und Naturwissenschaftsstudie TIMSS zusammengefasst. Hierbei liegt ein besonderer Akzent auf der TIMSS-Videostudie<sup>3</sup>, die zur Formulierung so genannter „Skripte“ für Mathematikunterricht führte. Anschließend werden Skripte für Physikunterricht diskutiert. Aufbauend auf neuere Studien sind aber auch Grenzen für die Analyse und Beschreibung von Unterricht durch Skripte darzustellen. Außerdem werden empirisch belegte Merkmale erfolgreichen Physikunterrichts zusammengestellt und mit der Realität von Physikunterricht verglichen. Abschließend werden Möglichkeiten zur Weiterentwicklung des Physikunterrichts benannt.

## 2-1 WORAN ERKENNT MAN EIGENTLICH „GUTEN“ UNTERRICHT?

Wie sieht „guter“ Unterricht aus und wie muss Unterricht gestaltet sein, damit Schülerinnen und Schülern erfolgreiches Lernen im zuvor dargelegten Sinne ermöglicht wird? Unter welchen Bedingungen lernen Schülerinnen und Schüler „am besten“?

Hierzu stellt die traditionelle Didaktik normativ Forderungen nach bestimmten unterrichtlichen Methoden auf. Guter Unterricht zeichnet sich dadurch aus, dass er diesen Forderungen nachkommt, also die entsprechenden Methoden verwirklicht werden (vgl. HELMKE 2003, S.18).

„TIMSS-Schock“ und „PISA-Katastrophe“ haben diese Methodenorientierung der Didaktik aber zunehmend in den Hintergrund gedrängt: Schule ist in den Fokus der öffentlichen Aufmerksamkeit geraten und muss sich und ihre empirisch nachweisbaren Ergebnisse der Gesellschaft gegenüber rechtfertigen (vgl. HELMKE 2002, S. 261). Die mit den Schlagworten „empirische Wende“ und „Output-Orientierung“ bezeichnete Neuausrichtung der Didaktik zieht sich durch Schule, Forschung und Bildungspolitik.

---

<sup>3</sup> In der Literatur findet sich neben der Schreibweise *TIMSS-Videostudie* auch die Schreibweise *TIMS-Videostudie*. Hier wird erstere Schreibweise verwendet, um zu betonen, dass es sich um eine Videostudie als Teil der Dritten Internationalen Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie handelt, nicht um die Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie.

„Für die allgemeine Didaktik heißt dies, Abschied zu nehmen von normativen, wertrational begründeten Unterrichtsbildern, die gegen empirische Überprüfbarkeit immunisiert sind, und für die Unterrichtsforschung, die Vorstellung einer instrumentell-technologischen Gestaltbarkeit von Unterricht durch die Manipulation isolierter Maßnahmen endgültig aufzugeben.“ (BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 271)

Mit der empirischen Wende in Didaktik und Unterrichtsforschung wird auch Abschied genommen vom Glauben an „die eine Strategie“, dem „Königsweg“ zur Verbesserung von Unterricht. Vielmehr wird zunehmend davon ausgegangen, dass es auf das richtige Zusammenspiel mehrerer Unterrichtsformen und -methoden ankommt. Darin haben alte oder häufig schon als veraltet betrachtete Ansätze wie Frontalunterricht ebenso ihre Berechtigung wie moderne Ansätze, etwa Stationenlernen oder Gruppenarbeit (vgl. BAUMERT & LANGE 2001; BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 271)

Die empirische Untersuchung von Unterricht stellt aber eine enorme Herausforderung dar. Statt Unterrichtsmodelle auf Grundlage einer überschaubaren Zahl normativer Forderungen zu entwickeln, sind aus empirischer Perspektive eine Vielzahl von Einflussfaktoren potentiell bedeutsam: WANG, HAERTEL & WALBERG (1990) zählen in einer Metastudie über Einflussfaktoren schulischen Lernens 228 solcher Faktoren, die sie zu 30 Skalen und sechs Kategorien zusammenfassen. CLAUSEN, SCHNABEL & SCHRÖDER (2002) untersuchen vorhandene Fragebögen und Beobachtungsverfahren zur Erfassung unterrichtlicher Abläufe und kommen auf mehr als 100 entsprechende Konstrukte.

Die Komplexität von Unterricht macht diesen zu einem nur schwer erfassbaren Forschungsgegenstand. Da sich niemals alle Variablen kontrollieren lassen, müssen die Variablen isoliert werden, denen theoretisch und empirisch die größte Wirksamkeit unterstellt werden kann. Gelingt dies, ist die Möglichkeit, den Unterricht basierend auf empirischen Befunden zu verbessern, optimistisch einzuschätzen, insbesondere vor dem Hintergrund der internationalen Schulleistungsvergleiche der letzten und der kommenden Jahre:

„Die gute Botschaft von PISA ist: Man kann Schule besser machen. Mehrere angelsächsische Länder haben vor mehr als zehn Jahren begonnen, die Lesefähigkeit zu verbessern. Jetzt scheinen sich erste Erfolge abzuzeichnen. Die Mühe lohnt sich also.“ (BAUMERT & LANGE 2001)

Bei PISA handelt es sich sicherlich um die aktuellste und, durch ihr zyklisches Design, auch wohl um eine für die Zukunft entscheidende internationale

Vergleichsstudie. Dennoch ist für diese Arbeit die TIMS-Studie aufgrund der Kombination von Leistungs- und Videodaten von entscheidender Bedeutung, weshalb im Folgenden die zentralen Befunde dieser Studie zusammengefasst werden.

## 2-2 TIMSS-ERGEBNISSE ZUR SCHÜLERLEISTUNG

Die Ergebnisse der TIMS-Studie lieferten in den Jahren nach 1997 erheblichen Diskussionsstoff für Schule, Bildungspolitik und Fachdidaktik. Auch die breite Öffentlichkeit nahm verstärkt an der Diskussion um Schule und Unterricht teil, wobei die Ergebnisse und Interpretationen der Studie keineswegs unumstritten waren (siehe z.B. KLEMM 1998; KEITEL 1998). Kaum war die öffentliche Diskussion abgeebbt, fand sie durch die 2001 veröffentlichten Ergebnisse von PISA neuen Schwung. Die PISA-Ergebnisse sollen hier aber nur insofern eine Rolle spielen, als sie eine unabhängige Bestätigung der (nun kaum noch bestreitbaren) Kernaussagen von TIMSS darstellen (vgl. FISCHER & SUMFLETH 2002, S. 1).

### *Ergebnisse der Leistungsdaten*

Die Leistungen deutscher Schülerinnen und Schüler liegen bei TIMSS nur im internationalen Mittelfeld, der Abstand zur internationalen Spitzengruppe ist deutlich (vgl. BAUMERT ET AL. 1997, S. 22ff.). Aufschlussreicher als diese Einordnung in das internationale Ranking ist jedoch die Analyse spezifischer Stärken und Schwächen deutscher Schülerinnen und Schüler:

- Relativ gute Leistungen können sie im Bereich mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakten- und Alltagswissens und bei schematischen Routineaufgaben vorweisen.
- Schwächen zeigen sich im internationalen Vergleich bei der Anwendung des erworbenen Wissens, bei komplexen, weniger schematischen Operationen und beim Problemlösen. Die Anwendung mathematisch-naturwissenschaftlicher Modellvorstellungen und selbstständiges, fachbezogenes Argumentieren ist kaum zu erwarten. Im Bereich der Physik

gelingt es in Deutschland zudem nicht, alltagsgebundene physikalische Fehlvorstellungen zu überwinden.

(vgl. BAUMERT, KLIEME & BOS 2001, S. 19; SCHECKER 2001, S. 87)

Als Vorgriff auf die diesbezüglich sehr viel deutlicheren PISA-Ergebnisse zeichnet sich auch schon bei TIMSS die Problematik der starken Selektivität des deutschen Schulsystems an:

„Mit abnehmender Selektivität der voruniversitären Mathematik- und Physikkurse sinken die mittleren Fachleistungen, ohne dass die Ergebnisse der Leistungsspitze beeinträchtigt würden. Im Gegenteil: Es deuten sich positive Auswirkungen einer verbreiterten Basis für die Erzielung von Spitzenleistungen an. Mit der Öffnung vorakademischer Bildungsgänge werden offensichtlich neue Ressourcen erschlossen, die eine verbesserte interne Lenkung und Auswahl mit positiven Auswirkungen selbst für Spitzenleistungen ermöglichen.“ (BAUMERT, KLIEME & BOS 2001, S. 30).

## 2-3 TIMSS-VIDEO

### *Design der Studie*

Ziel der TIMSS-Videostudie war eine vergleichende Analyse des Mathematikunterrichts in den USA, Japan und Deutschland. Dazu wurde – basierend auf allen Teilnehmerklassen der TIMSS-Leistungsmessung – eine Zufallsstichprobe bestimmt. Diese umfasste insgesamt 231 Klassen der 8. Jahrgangsstufe, davon 50 Klassen aus Japan, 81 Klassen aus den USA und 100 Klassen aus Deutschland.

Zwischen Oktober 1994 und Mai 1995 wurde in jeder dieser Klassen eine Mathematikstunde videografiert. Die Lehrpersonen wurden im Vorfeld informiert und konnten den genauen Zeitpunkt der Unterrichtsbeobachtung innerhalb eines vorgegebenen Rahmens selbst festlegen (vgl. BAUMERT ET AL. 1997, S. 53f.; REUSSER & PAULI 2003, S. 10). Somit ist davon auszugehen, dass den Beobachtern ein aus Lehrersicht guter, sorgfältig vorbereiteter Unterricht präsentiert wurde.

Die Analyse der Unterrichtsvideos fand auf einer oberflächlich beschreibenden Ebene statt. Dabei wurde auf die für jeden Beobachter sichtbaren Unterrichtsereignisse Bezug genommen: die Methoden, die Interaktionsformen, die Sozialformen und die eingesetzten Medien. Diese Beschreibungsebene wird auch als *Sichtstruktur* bezeichnet (vgl. Kapitel 3-2, S. 38).

### *Vorzüge des interkulturellen Ansatzes*

Der interkulturelle Ansatz von TIMSS-Video führte in der interessierten Öffentlichkeit zwar unter anderem zu dem Vorwurf, „Unvergleichbares“ zu vergleichen, erwies sich aber im Nachhinein als sehr fruchtbar für die fachdidaktische Diskussion. So, wie ein Spaziergänger einzelne Merkmale des Weges, den er oft zurückgelegt, kaum noch bewusst wahrnimmt, so sind selbst wissenschaftlichen Unterrichtsbeobachtern bestimmte Abläufe und Merkmale von Unterricht so vertraut, dass diese ebenfalls kaum noch bewusst wahrgenommen werden. Dagegen kann „ein Vergleich mit einer ‚fremden‘ Praxis [...] dazu führen, die eigene Praxis bewusster wahrzunehmen“ (REUSSER & PAULI 2003, S. 14). Dadurch ergeben sich neue didaktische Handlungsmöglichkeiten und Innovationsansätze (ebd.).

### *„Kulturelle Skripte“*

Ohne Zweifel unterscheidet sich Mathematikunterricht schon innerhalb eines Landes je nach Region, Schulform und Schulstufe, aber auch je nach Schule und Klasse. Um so bemerkenswerter ist das zentrale Ergebnis der TIMSS-Videostudie, dass diese nationalen Unterschiede vor dem Hintergrund des internationalen Vergleichs fast völlig verschwinden (vgl. BAUMERT ET AL. 1997, S. 225): Die interkulturellen Unterschiede sind also groß gegen die nationalen Differenzen, sodass der in sich durchaus inhomogene Mathematikunterricht eines Landes im internationalen Vergleich praktisch homogen wirkt.

Diese Feststellung führte zur Annahme so genannter „kultureller Skripten“. Gemeint sind damit auf der Sichtstruktur angelegte, d.h. auf das für jeden Beobachter sichtbare Geschehen bezogene Beschreibungen des typischen Ablaufs von Unterricht in den verschiedenen Ländern. Diese kulturellen Skripte werden nun für Deutschland, die USA und Japan beschrieben, das deutsche Skript wird genauer beleuchtet und in Verbindung zu den Ergebnissen der TIMSS-Leistungstests gesetzt.

### *Mathematikunterricht in Deutschland, den USA und Japan*

Die kulturellen Skripte (Sichtstrukturen) für den Mathematikunterricht der drei untersuchten Länder beschreiben BAUMERT ET AL. (1997, S. 226) wie folgt:

In Deutschland beginnt der Mathematikunterricht mit der Besprechung der Hausaufgaben, gefolgt von einer kurzen Wiederholungsphase. Anschließend wird entweder neuer Stoff im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch zielgerichtet auf einen bestimmten Lösungsweg hin erarbeitet oder es wird von einer Schülerin oder einem Schüler, mit Unterstützung von Klasse und Lehrerin oder Lehrer, eine Aufgabe an der Tafel entwickelt. Anschließend werden ähnliche Aufgaben in Stillarbeit bearbeitet.

Der Mathematikunterricht in den USA beginnt ebenfalls mit der Besprechung der Hausaufgaben und einer Wiederholungsphase. Danach wird neuer Stoff vom Lehrer am OH-Projektor oder der Tafel präsentiert. Daraufhin werden veranschaulichende Beispiele des Lehrbuchs im Unterrichtsgespräch oder in Gruppenarbeit bearbeitet, anschließend ähnliche Aufgaben in Stillarbeit.

Der untersuchte japanische Mathematikunterricht hebt sich deutlich ab: Die Lehrperson präsentiert und erklärt zunächst ein anspruchsvolles Problem, dessen Lösung nicht unmittelbar klar ist. Die Bearbeitung findet in Einzel-, Gruppen- oder Partnerarbeit statt. Anschließend präsentieren zuvor durch die Lehrerin oder den Lehrer ausgewählte Schülerinnen und Schüler unterschiedliche Lösungswege. Diese werden im Klassengespräch diskutiert und im Rahmen eines kurzen Lehrervortrags an der Tafel zusammengefasst. Es folgt die Bearbeitung ähnlicher Aufgaben in neuen Kontexten in Einzel- oder Gruppenarbeit.

Im Vergleich der Skripte sind die japanischen Unterrichtsstunden deutlich komplexer, besonders gegenüber den USA. Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit haben in Japan häufig anspruchsvolle Probleme zum Inhalt; dies ist in Deutschland nur selten und in den USA gar nicht der Fall. Die Nutzung offener Aufgabenstellungen mit mehreren Lösungsmöglichkeiten und deren anschließende ausführliche Diskussion ist ein Charakteristikum des japanischen Mathematikunterrichts. Die USA grenzen sich von den beiden anderen Ländern der Studie dadurch ab, dass hier neue Inhalte in der Regel allein durch den Lehrer präsentiert werden, während in Deutschland und Japan neuer Stoff – wenn auch in unterschiedlicher Form – gemeinsam von Klasse und Lehrkraft entwickelt wird (vgl. BAUMERT ET AL. 1997, S. 32; KLIEME, SCHÜMER & KNOLL 2001, S. 44).

Es wird deutlich, dass sich japanischer Mathematikunterricht insbesondere durch die Mehrdimensionalität der Lösungswege auszeichnet. Deutscher Mathematikunterricht zielt vornehmlich auf die Aneignung und Festigung von Wissen.

Einschränkend ist hinzuzufügen, dass es sich bei dem im Rahmen von TIMSS-Video beobachteten japanischen Mathematikunterricht zum allergrößten Teil um Geometrieunterricht handelte. Der relativ kurze Zeitraum, in dem die Videos in Japan aufgenommen wurden, führte zusammen mit der nationalen Standardisierung des Unterrichts dazu, dass in fast allen videografierten Klassen zum Zeitpunkt der Studie Geometrie unterrichtet wurde (vgl. REUSSER & PAULI 2003, S. 53).

### *Problematik des deutschen Mathematikunterrichts*

Zusammenfassend ist für deutschen Mathematikunterricht ein eng geführtes, fragen-entwickelndes Unterrichtsgespräch charakteristisch (vgl. KLIEME & BAUMERT 2001, S. 5). Damit zeigt er nicht die Variabilität, die im Hinblick auf konstruktivistische Lernformen wünschenswert wäre und ermöglicht kaum verständnisorientiertes Lernen (ebd.).

Während in Japan gleiche mathematische Inhalte variantenreicher und anspruchsvoller in Form von Problemen behandelt werden, werden in deutschen Mathematikstunden ähnlich komplexe Aufgaben nur selten von den Schülerinnen und Schülern bearbeitet. Vielmehr werden solche Aufgaben zunächst im lehrerzentrierten Unterrichtsgespräch „vorbehandelt“. Dabei beschränkt sich der Beitrag der Schülerinnen und Schüler auf die Reproduktion von Definitionen und Gesetzen oder die Durchführung einfacher Operationen und Umformungen. Am Ende dieses vom Lehrer eng und konvergent gesteuerten Prozesses steht nicht mehr das ursprüngliche Problem, sondern nur noch eine Reihe sehr viel weniger anspruchsvoller Teilaufgaben. Durch dieses „Kleinarbeiten komplexer Anforderungen“ (KLIEME, SCHÜMER & KNOLL 2001, S. 45) beschränkt sich die Aktivität der Lernenden weitgehend auf die Reproduktion von Faktenwissen und die Durchführung handwerklicher Prozeduren.

KLIEME, SCHÜMER & KNOLL (2001, S. 45f.) spitzen die Problematik dieses restriktiven fragend-entwickelnden Unterrichtsgesprächs weiter zu und beschreiben die Paradoxie eines solchen Unterrichts für beide Seiten, die Lernenden und die Lehrenden:

- Der Lehrerin oder dem Lehrer kommt zum einen die Aufgabe zu, den Unterrichtsverlauf in Richtung eines den Schülerinnen und Schülern



unbekannten Zieles zu steuern. Gleichzeitig soll jedoch die Offenheit für Anregungen und Ideen der Lernenden gewahrt bleiben.

- Die Schülerinnen und Schüler sind aufgefordert, sich an einer Problemlösung zu beteiligen, ohne dass ihnen deren Ziel bekannt ist.
- Die Lehrpersonen sind kaum noch in der Lage, adäquat auf einzelne Beiträge zu reagieren. Stattdessen warten sie auf jeweils situativ passende Äußerungen der Schülerinnen und Schüler.
- Das in diesem Unterrichtsgespräch entstehende hohe Interaktionstempo des Schüler-Lehrer-Dialogs fordert von beiden Seiten hohe Konzentration und lässt wenig Zeit zur Reflexion.

Dies führt letztlich dazu, dass den Lernenden im Unterricht sehr vage Fragen gestellt werden, auf die aber sehr spezifische Antworten erwartet werden. Die Schülerinnen und Schüler werden zu reinen Stichwortgebern degradiert; passende Antworten sind so oft Zufallsprodukte und unpassende Antworten bleiben unbeachtet. Echte Problemlösesituationen werden den Schülerinnen und Schülern vorenthalten, Argumentieren und logisches Verknüpfen wird unnötig. Es erscheint plausibel, dass in dieser Art von Unterricht die bloße Reproduktion von Wissen ein aus Schülersicht ausreichendes Erfolgskonzept ist.

## 2-4 VERKNÜPFUNG VON TIMSS UND TIMSS-VIDEO

### *Verknüpfung von Leistungs- und Videodaten*

Eine Betrachtung des von TIMSS-Video identifizierten kulturellen Skripts deutschen Mathematikunterrichts vor dem Hintergrund des Abschneidens deutscher Schülerinnen und Schüler in den entsprechenden Leistungstests legt die Vermutung nahe, im kulturellen Skript deutschen Mathematikunterrichts die Ursache für das nicht zufrieden stellende Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler zu sehen (vgl. BAUMERT ET AL. 1997, S. 19; REYER 2003a, S. 12):

Wie im vorangegangenen Kapitel 2-3 dargestellt, zielt der deutsche Fachunterricht einseitig auf die Reproduktion von Definitionen und Gesetzen. Darüber hinaus werden Routinen trainiert und einfache Anwendungsaufgaben behandelt. Komplexere Fragestellungen und Problemlöseprozesse spielen im deutschen Mathematikunterricht fast keine Rolle.

Die im Rahmen von TIMSS gemessenen Schülerleistungen passen verblüffend gut zu diesen Feststellungen (siehe Kapitel 2-2, Seite 18): Ihre Stärken zeigen deutsche Schülerinnen und Schüler beim Faktenwissen, bei einfachen Anwendungsaufgaben sowie beim Anwenden von Routinen. Schwierigkeiten, und im internationalen Vergleich folglich weniger Erfolg, haben sie bei anspruchsvolleren Anwendungsaufgaben und beim Argumentieren und Problemlösen. Japanische Schülerinnen und Schüler, in deren Unterricht Problemlösungen und Argumentationen eine wichtigere Rolle spielen, zeigen in diesem Bereich Spitzenleistungen.

Dennoch bleibt die ursächliche Rückführung der einseitigen Schülerleistungen auf einen ebenso einseitigen Unterricht hypothetisch. Mögliche Prozesse zur Erklärung bleiben unbeleuchtet. Wie groß der Zusammenhang zwischen den Schülerleistungen und der Sichtstruktur des Unterrichts tatsächlich ist, wird in Kapitel 2-6 (siehe Seite 26) näher diskutiert.

#### *Zusätzliche Datenquelle: Schülereinschätzungen*

Bisher unerwähnt blieb eine weitere Datenquelle der TIMS-Studie: Die getesteten Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II wurden auch um die Einschätzung ihres mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts gebeten. Aus Schülersicht zeigt sich dabei folgendes Bild des Mathematikunterrichts der gymnasialen Oberstufe (vgl. BAUMERT, KLIEME & BOS 2001, S. 35):

1. Der Unterricht ist überaus variationsarm.
2. Der Ablauf des Unterrichts wird dadurch charakterisiert, dass zunächst mathematische Gedankengänge von der Lehrerin oder dem Lehrer weitgehend allein entwickelt werden. Anschließend werden die Schülerinnen und Schüler zur Lösung von Gleichungen und Übung von Rechenfertigkeiten angehalten.

Der Unterricht wird von den Lernenden insgesamt als „rezeptive und fertigkeitsorientierte Veranstaltung“ (ebd.) wahrgenommen.

Generell haben Schülerangaben zum Unterricht zwar Schwächen, sie stellen aber eine wichtige Perspektive dar und sind insgesamt relativ zuverlässig (vgl. HELMKE 2003, S. 167). Da sich der Eindruck der Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II vom Unterricht zudem recht gut mit den Ergebnissen der

Videostudie für den 8. Jahrgang deckt, können ihre Angaben zum Mathematikunterricht abschließend als zutreffende Beschreibung des tatsächlichen Unterrichts betrachtet werden.

## 2-5 SKRIPTE IM PHYSIKUNTERRICHT

Wie bereits dargestellt, liegen aus TIMSS-Video ausschließlich Daten für den Mathematikunterricht vor. Hier stellt sich die Frage nach der Übertragbarkeit dieser Daten auf den deutschen Physikunterricht. Dies wurde insbesondere kurz nach Veröffentlichung der TIMSS-Befunde kontrovers diskutiert. Für die Übertragbarkeit sprechen insbesondere die Ähnlichkeit der Defizite und die weitgehende personelle Übereinstimmung von Mathematik- und Physikkollegien: Der klassischen Fächerkombination entsprechend und gestützt durch strukturelle Vorgaben der Lehrerbildung<sup>4</sup> unterrichten Physiklehrer zumeist auch Mathematik.

Auf Grundlage der Schülerbefragungen zum Physikunterricht im Rahmen von TIMSS lässt sich ein recht stabiles Bild deutschen Physikunterrichts identifizieren, wenn dieser auch variabler ist als Mathematikunterricht. Aus Schülersicht ist Physikunterricht in der Sekundarstufe II weitgehend Demonstrationsunterricht, in dem die Lehrperson physikalische Gedankengänge selbst oder im Klassengespräch entwickelt. Dabei werden Demonstrationsexperimente zur Hilfe genommen, gelenkte Schülerexperimente sind selten, Entwicklungen von Experimenten durch die Lernenden finden praktisch nicht statt (vgl. BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 284ff.; BAUMERT, KLIEME & BOS 2001, S. 36). Damit lässt sich auch für den Physikunterricht ein – dem deutschen Mathematikunterricht nicht unähnliches – charakteristisches Skript formulieren (vgl. SCHECKER & KLIEME 2001, S. 116; SCHECKER 2001, S. 94f.):

1. Zu Beginn der Stunde wird ein physikalisches Phänomen oder eine Problemstellung präsentiert.
2. Hypothesen bzw. Lösungsvorschläge werden im fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch auf einen bereits vorbereiteten Versuchsaufbau hin gelenkt.

---

<sup>4</sup> Gemeint sind etwa Abstimmungen der Lehrveranstaltungen an den Universitäten oder Vorgaben der Lehramtsprüfungen.

3. Es wird ein die Hypothese bzw. den Lösungsvorschlag verifizierendes Demonstrationsexperiment durchgeführt.
4. Die Ergebnisse werden vom Lehrer unter Zuhilfenahme von Schülerbeiträgen an der Tafel zusammengefasst. Die Schülerinnen und Schüler übertragen die Aufzeichnungen in ihre Hefte.
5. Zum Ende der Stunde werden Ergänzungen, Anwendungsbeispiele oder weitere Demonstrationsexperimente behandelt.

Dieses Skript ist wiederum von einem konvergent geführten, in seiner Monokultur problematischen, fragend-entwickelnden Unterrichtsgespräch gekennzeichnet.

Diese Beschreibung von SCHECKER & KLIEME beruht aber offensichtlich mehr auf „langjähriger Erfahrung“ (SCHECKER 2001, S. 94) als auf empirischen Untersuchungen und beantwortet damit weder die Frage nach der Übertragbarkeit der TIMSS-Befunde auf den Physikunterricht, noch die nach zusätzlichen Belegen für die Schülereinschätzungen des Physikunterrichts zufrieden stellend. Nach bisherigem Stand kann aber davon ausgegangen werden, dass für den Physikunterricht im Wesentlichen die gleichen Problemfelder auszumachen sind wie für den Mathematikunterricht (siehe Kapitel 2-3, S.22).

## **2-6 GRENZEN DER BESCHREIBUNG VON UNTERRICHT DURCH SKRIPTE**

In Kapitel 2-4 (siehe Seite 23) wurde ein zu vermutender kausaler Zusammenhang zwischen dem deutschen Skript für Mathematikunterricht und den Mathematikleistungen deutscher Schülerinnen und Schüler dargestellt. Neue Studien zum Mathematik- und Physikunterricht legen allerdings nahe, dass eine Beschreibung bzw. Analyse von Unterricht allein auf Ebene der Sichtstruktur, wie dies durch Skripte geschieht, nicht ausreicht, um Lernleistungen von Schülerinnen und Schülern zu erklären. Im Folgenden werden einige Studien hierzu vorgestellt.

### *TIMSS-1999-Videostudie*

Vor dem Hintergrund des wissenschaftlichen Ertrags der TIMSS-Videostudie wurde 1999 eine ähnlich angelegte Nachfolgestudie durchgeführt, die TIMSS-1999-Videostudie. Gegenüber der ursprünglichen Videostudie wurde nun speziell der

Frage nachgegangen, ob es „kulturübergreifende, gemeinsame Merkmale gibt, die „erfolgreichen“ Mathematikunterricht (...) auszeichnen“ (REUSSER & PAULI 2003, S. 4). Dazu wurde anhand repräsentativer Stichproben der Mathematikunterricht der 8. Jahrgänge in sieben Ländern untersucht: Australien, Hongkong, Japan, Niederlande, Tschechien, Schweiz und USA. Mit Ausnahme der USA haben alle diese Länder bei den TIMSS-Leistungstests in Mathematik sehr gute Resultate vorzuweisen.

Die Suche nach gemeinsamen Charakteristika guten Mathematikunterrichts bleibt aber ohne Befund: Im Unterricht der erfolgreichen Länder zeigen sich sowohl deutliche Gemeinsamkeiten als auch klare Unterschiede. Insgesamt zeichnet sich jedes Land durch ein anderes Muster der Gestaltung von Mathematikunterricht aus. Das, was guten Mathematikunterricht ausmacht, lässt sich durch eine Analyse der Sichtstruktur nicht identifizieren. Auf der Ebene der Sichtstruktur können also keine eindeutigen Hinweise für die Verbesserung von Unterricht aufgezeigt werden – nicht einmal bezogen auf ein einzelnes Unterrichtsfach (vgl. REUSSER & PAULI 2003).

#### *Neuere Videostudien zum Physikunterricht*

Als aktuelle Videostudien zum Physikunterricht sind SEIDEL (2003; SEIDEL ET AL. 2002) und insbesondere REYER (2003a, 2003b und 2004) zu nennen.

SEIDEL (2003) untersucht den Anfangsunterricht Physik von sechs Gymnasialklassen (Jahrgangsstufen 7 und 8, 137 Schülerinnen und Schüler) in Schleswig-Holstein. Videografiert wurden jeweils zwei zusammengehörige Unterrichtsstunden. Auch hier findet sich der von BAUMERT & KÖLLER (2000) beschriebene, kreidelastige Demonstrationsunterricht. Der Unterricht wird im hohen Maße von der Lehrerin bzw. vom Lehrer geleitet. Die Erarbeitung physikalischer Inhalte findet im Klassengespräch statt, das den Unterricht dominiert. Experimente sind in der Regel Demonstrationsexperimente und dienen der Verdeutlichung oder Veranschaulichung. Anwendungsbezüge oder außerschulische Zusammenhänge kommen kaum vor. Nur selten stellen Schülerinnen oder Schüler Fragen, ihre Beiträge beschränken sich weitgehend auf einzelne Stichworte oder Ergänzungen der Lehreräußerungen. Lediglich vereinzelt gehen die Lehrenden auf Beiträge der Schülerinnen und Schüler ein oder behandeln sie als gleichberechtigte Gesprächspartner. Diese Rollenverteilung ist trotz deutlicher Unterschiede zwischen einzelnen Klassen stabil.

REYER (2003a) beobachtet sechs Klassen (171 Schülerinnen und Schüler) zweier Dortmunder Gymnasien über einen Zeitraum von 17 Monaten (3 Schulhalbjahre) in den Jahrgangsstufen 8 und 9. Dabei wurden insgesamt 61 Unterrichtsstunden videografiert. Die Befunde stimmen dabei weitgehend mit denen von SEIDEL (2003) überein, sodass REYER deutschen gymnasialen Physikunterricht allgemein wie folgt beschreibt:

„Gymnasialer Physikunterricht ist geprägt durch ein lehrerzentriertes erarbeitendes Klassengespräch, in dem die Schüler größtenteils kurze Antworten geben; in verschiedenen ausgedehnten Schülerarbeitsphasen, die in das instruierende Klassengespräch eingebunden sind, bearbeiten die Schüler kurze, meist undifferenzierte Aufgabenstellungen in Einzelarbeit oder führen Experimente in arbeitsteiliger Gruppenarbeit durch. Die Ergebnisse der Schülerarbeitsphasen werden im Klassengespräch durch den Lehrer zusammengeführt. Die Schüler sind wechselhaft konzentriert; in den Klassen setzt sich aber ein sehr unterschiedliches Maß an Aktivität als klassenklimatischer Aspekt durch. Schülervorträge und Hausaufgaben sind selten.“ (REYER 2003a, S. 208)

Dominiert wird der Unterricht von Zielsetzungen wie „Lernen durch Eigenerfahrung“ und „Theoriebildung“; anspruchsvollere, aber von der Fachdidaktik erwünschte Zielsetzungen wie „Konzeptwechsel“ und „Problemlösen“ kommen ausgesprochen selten vor (ebd., S. 221). Auch auf Seiten der Schülerinnen und Schüler sind entsprechend kaum anspruchsvolle Lernhandlungen (z.B. „Interpretieren“ und „Abstrahieren“) zu verzeichnen: Sie nehmen durchschnittlich nur etwa eine Minute der beobachteten Unterrichtsstunden ein (ebd., S. 233).

Beide Studien belegen somit die Monokultur eines vom Lehrer dominierten, stark durch kleinschrittige Fragen gelenkten Unterrichts. Die Beteiligung der Schülerinnen und Schüler am Unterrichtsgeschehen ist sehr gering, Schülervorstellungen werden kaum berücksichtigt (vgl. FISCHER & SUMFLETH 2002, S. 6). Dies begünstigt ein höchstens mittleres Lernniveau, da die Lehrenden so weder schwache noch besonders leistungsfähige Schülerinnen und Schüler angemessen fördern können (vgl. PRENZEL 2002, S. 18).

REYER untersucht darüber hinaus potentielle Ursachen für unterschiedliche Lernleistungen der untersuchten Klassen. Dazu setzt er die Leistungstests zu beiden Ebenen der Unterrichtsanalyse in Beziehung: der Sichtstruktur und der Basisstruktur, die sich auf die Lernprozesse und Lernaktivitäten bezieht. Während sich Zusammenhänge zwischen Sichtstruktur und Schülerleistung teilweise bestätigen lassen, ist dies für die Basisstruktur nicht der Fall. REYER führt dies jedoch auf die

geringen Unterschiede in der Basisstruktur zwischen den Klassen zurück. Letztlich kommt er zu dem Schluss, dass die Basisstruktur die entscheidende Ebene für die Behebung von Unterrichtsdefiziten darstellt (vgl. REYER 2003a, S. 273).

SEIDEL erhebt zwar keine Schülerleistungen, befragt die Schülerinnen und Schüler aber zu ihren kognitiven und motivationalen Prozessen. Auch sie kommt zu dem Schluss, dass die auf der Sichtstruktur wahrnehmbaren Elemente des Unterrichts für den Lernprozess nicht entscheidend sind (vgl. SEIDEL 2003, S. 163).

Fasst man die Ergebnisse dieser beiden Studien zum Physikunterricht unter zusätzlicher Berücksichtigung der TIMSS-1999-Videostudie zusammen, so ist festzustellen, dass auf der Sichtstruktur angelegte Beschreibungen – etwa in Form von Skripten – nicht zur Erklärung reichen, was „guten“ Unterricht ausmacht. Eine Theorie, die eben dies berücksichtigt, in dem sie sich auf die Basisstruktur als entscheidende Ebene der Unterrichtsgestaltung bezieht, ist die Theorie der Basismodelle. Diese wird in Kapitel 3 (siehe Seite 37ff.) beschrieben. Dabei wird auch noch näher auf die Unterscheidung von Sichtstruktur und Basisstruktur als verschiedene Ebenen zur Beschreibung von Unterricht eingegangen werden. Unabhängig von dieser Unterscheidung soll zuvor jedoch weitere Merkmale „guten“ Unterrichts nachgegangen werden.

## **2-7 QUALITÄT VON (PHYSIK-)UNTERRICHT**

### *Rechtfertigung des Ansatzes auf Unterrichtsebene*

Zunächst stellt sich die Frage, ob Ansätze zur Verbesserung von Unterricht tatsächlich auf Ebene des Unterrichts selbst ansetzen sollten, oder ob nicht Ansätze auf anderen Ebenen – z.B. im Bereich der Schule und der Schulorganisation – effektiver wären. Empirische Befunde weisen jedoch darauf hin, dass „die Veränderung des Unterrichts [...] der zentrale Schlüssel (ist), um die Leistung zu verbessern“ (BAUMERT & LANGE 2001). So zeigen verschiedene Studien, dass Unterschiede zwischen Schulklassen wesentlich bedeutsamer für Lernleistungen sind als Unterschiede zwischen Schulen. Gleichzeitig lassen sich selbst über verschiedene Schulformen hinweg stabile Merkmale erfolgreichen Unterrichts identifizieren (vgl. HELMKE 2003, S. 138f.).

*Definition „Unterrichtsklima“*

Neben dem noch genau zu definierenden Ansatz der Unterrichtsqualität wird auch der Ansatz des Unterrichtsklimas diskutiert. Ausgangspunkt ist hierbei die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler. Unterrichtsklima wird definiert als „die relativ überdauernde Qualität der Umwelt des Unterrichts, die sich auf einen bestimmten Satz von Merkmalen bezieht, der von Schülern erlebt werden kann und ihr Verhalten potentiell beeinflusst“ (DREESMANN 1982 nach CLAUSSEN, SCHNABEL & SCHRÖDER 2002, S. 247). HELMKE (2002, S. 274) schätzt den Nutzen der Unterrichtsklimaforschung gering ein, sieht Schwächen im Bereich der Begrifflichkeiten und bemängelt fehlende theoretische Grundlagen. Zudem fällt auf, dass die empirischen Befunde der Unterrichtsklimaforschung häufig kaum das Niveau intuitiver Beschreibungen positiven Unterrichtsklimas verlassen, z.B. bei EDER (2002, S. 221): „Aggressives Verhalten und Gewalt sind in Klassen mit positivem Klima seltener.“ Daher schließe ich mich HELMKEs ablehnender Haltung an und werde den Aspekt des Unterrichtsklimas nicht weiter verfolgen.

*Definition „Unterrichtsqualität“*

Dem Ansatz der Unterrichtsqualität wird seit einigen Jahren viel Aufmerksamkeit in weiten Bereichen der Didaktik und Lehr-Lernforschung gewidmet (BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 271). WEINERT, SCHRADER & HELMKE (1989, S. 899) definieren Unterrichtsqualität als „jedes stabile Muster von Instruktionsverhalten, das als Ganzes oder durch einzelne Komponenten die substantielle Vorhersage und/oder Erklärung von Schulleistung erlaubt“<sup>5</sup>. Kritisiert wurde diese Definition wegen ihrer einseitigen Betonung des Leistungsaspekts. Neuere Definitionen schließen auch emotionale und motivationale Kriterien mit ein (vgl. CLAUSSEN, SCHNABEL & SCHRÖDER 2002, S. 247). Dabei werden durch entsprechende Forschung allgemeine Rahmenbedingungen erfolgreichen Unterrichts identifiziert, wobei die im Rahmen des Skript-Begriffs geforderte Nutzung unterschiedlicher Strategien und Zugänge davon unberührt bleibt (vgl. BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 272). Befunde dieser Art werden in den nächsten Abschnitten mit wachsendem Bezug zum Physikunterricht dargestellt.

---

<sup>5</sup> Übersetzung des englischen Originals nach CLAUSSEN, SCHNABEL & SCHRÖDER 2002, S. 247.



*Allgemeine Befunde zur Unterrichtsqualität*

DITTON (2002, S. 202ff.) und HELMKE (2003, S. 133ff.) fassen jeweils eine Reihe von gesicherten Forschungsergebnissen zu Faktoren erfolgreichen Unterrichts (im Sinne positiver Korrelationen mit der Leistungsentwicklung von Schülerinnen und Schülern) zusammen:

- *effiziente Klassenführung*

Dieses Merkmal zeigt den deutlichsten und konsistentesten Zusammenhang zur Leistungsentwicklung überhaupt. Gemeint ist dabei allerdings nicht unmittelbar die Herstellung von Ruhe und Disziplin. Es geht vielmehr darum, die Schülerinnen und Schüler dazu zu motivieren, sich lange und intensiv auf ihre Lernhandlungen zu konzentrieren und mögliche Störungen zügig und unspektakulär zu beenden (vgl. HELMKE 2003, S. 78).

- *hohe Regelbarkeit*

Klassen mit effizienter Klassenführung zeichnen sich besonders dadurch aus, dass entsprechende Regeln explizit gemacht und geübt werden (ebd., S. 80).

- *effizientes Zeitmanagement im Hinblick auf eine optimale Nutzung der Instruktionszeit*

HELMKE (2003, S. 105) beschreibt einen asymptotischen Zusammenhang zwischen effektiver Unterrichtszeit und Leistungszuwachs: Zunächst zeigt sich zwar ein positiver linearer Zusammenhang zwischen beiden Größen, der jedoch in eine „Sättigung“ übergeht, in der zusätzliche Lernzeit kaum noch zu Leistungsverbesserungen führt.

- *angemessenes, nicht zu hohes Unterrichtstempo*

- *Klarheit und Verständlichkeit*

- *klare Strukturierung und Sequenzierung des Unterrichts*

Im Hinblick auf die Strukturiertheit von Unterricht ist zu betonen, dass nach WEINERT, SCHRADER & HELMKE (1989, S. 904) die Häufigkeit strukturierender Eingriffe durch den Lehrer keinen Einfluss hat, sondern ein positiver Effekt erst durch die Angemessenheit der Eingriffe auf Grundlage einer entsprechenden diagnostischen Kompetenz erzielt wird.

- *positive Verstärkung*

- *Motivierungsqualität*

- *angemessenes Schwierigkeits- und Anspruchsniveau*

- *moderat konstruktivistische Ansätze: kognitiv stimulierender, anspruchsvoller Unterricht; Förderung von Konzeptverständnis und Transferleistungen; Aufgreifen von Ausgangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler, insbesondere von Vorwissen und Alltagsvorstellungen*

Bei der Verwendung moderat konstruktivistischer Ansätze zeigen sich neben der positiven Korrelation mit Leistungsentwicklungen zusätzlich Hinweise auf divergenzmindernde Effekte (vgl. DITTON 2002, S. 203).

Insgesamt sprechen die Befunde für die Wirksamkeit eines weitgehend von der Lehrerin bzw. vom Lehrer geleiteten, „kontrollintensive(n) Unterricht(s) mit hoher Lehrstoffrelevanz und Verständlichkeit bei insgesamt reduzierten, aber durchaus vorhandenen Freiheitsgraden für Eigenaktivitäten der Schüler“ (DITTON 2002, S. 204), womit jedoch nicht der weit verbreitete monotone Frontalunterricht gemeint ist.

#### *Befunde zur Qualität von Physikunterricht*

Zentrale Ergebnisse über die Qualität von Physikunterricht werden insbesondere von der TIMS-Studie geliefert. Wie bereits im Hinblick auf Mathematik erwähnt (siehe Kapitel 2-4, S. 24), wurden die getesteten Schülerinnen und Schüler der Sekundarstufe II auch um die Einschätzung ihres mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, also insbesondere ihres Physikunterrichts, gebeten. Setzt man die daraus gewonnenen Daten in Beziehung zu den Ergebnissen der Leistungsmessungen, lassen sich daraus Merkmale für die Qualität von Physikunterricht ableiten (vgl. BAUMERT & KÖLLER 2000; BAUMERT, KLIEME & BOS 2001). Danach führen folgende Charakteristika von Physikunterricht zu günstigen Schülerleistungen:

- „Die Lehrkraft legt Wert auf kognitiv-anspruchsvolle Aufgaben und das theoretische Verständnis von physikalischen Modellen.
- Sie unterstützt den Aneignungsprozess durch theoretisch gut vorbereitete Experimente, die auch unter Nutzung des Rechners durchgeführt oder ausgewertet werden.
- Dabei sind Schüler- und Lehrerexperiment jedoch nicht Bestandteil eines induktiven Vorgehens, bei dem der handelnde Umgang mit Versuchsanordnungen bzw. die Beobachtung von Phänomenen der theoretischen Fragestellung vorgelagert sind.
- Schließlich wird die verfügbare Unterrichtszeit zur Erarbeitung und Konsolidierung von Sachverhalten optimal ausgenutzt.“ (BAUMERT & KÖLLER 2000, S. 296)

Zudem zeigt sich, in Übereinstimmung mit den allgemeinen Merkmalen von Unterrichtsqualität, auch in den TIMSS-Daten für den Physikunterricht die Bedeutung einer effektiven Klassenführung, eines angemessenen Unterrichtstempos, der Klarheit und Strukturiertheit sowie der Berücksichtigung individueller Schülervoraussetzungen (ebd., S. 272).

SEIDEL ET AL. (2002, S. 54) und SEIDEL (2003, S. 55) beziehen auch aktuellere Studien mit ein und fassen als Faktoren für die Qualität von Physikunterricht zusammen:

- ein großes, flexibel einsetzbares Repertoire von Unterrichtsmethoden
- effizientes Zeitmanagement
- Klarheit und Strukturiertheit des Unterrichts
- Berücksichtigung individueller Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler
- adäquate Integration von Experimenten in den Unterrichtsablauf

Negativen Einfluss auf die Schülerleistungen haben dagegen „repetitives Üben, mangelnde Unterrichtsführung, Sprunghaftigkeit und Schülermitbestimmung“ (DITTON 2002, S. 202).

Zusammenfassend decken sich die speziell für den Physikunterricht identifizierten Merkmale von Unterrichtsqualität weitgehend mit den allgemeinen Merkmalen. Aus der besonderen Rolle von physikalischen Modellen und Experimenten ergeben sich lediglich einige zusätzliche Merkmale der Qualität von Physikunterricht.

### *Realität des Physikunterrichts*

Ruft man sich die übereinstimmenden Befunde von REYER (2003a) und SEIDEL (2003) zum deutschen Physikunterricht in Erinnerung (siehe Kapitel 2-6, Seite 27), wird klar, dass dieser kaum hohen Ansprüchen an Unterrichtsqualität gerecht werden kann. So entspricht etwa der Einsatz des Experiments in keiner Weise den Forderungen der Unterrichtsqualitätsforschung. Auch andere Aspekte der Unterrichtsqualität werden kaum realisiert, von kognitiv stimulierendem, anspruchsvollem Unterricht und dem Abzielen auf Konzeptverständnis, auf Transferleistungen oder gar auf Scientific Literacy (siehe Kapitel 1-2, Seite 5) kann keine Rede sein. Die ausführlich dargestellten Befunde zur Problematik deutschen Mathematikunterrichts (siehe Kapitel 2-3, S. 22) lassen sich daher praktisch ohne

Einschränkungen auf den deutschen Physikunterricht übertragen. Basierend auf dieser Problemlage ist die Fachdidaktik gefordert, Ansätze für eine Weiterentwicklung des Physikunterrichts zu formulieren.

## **2-8 WEITERENTWICKLUNG DES PHYSIKUNTERRICHTS**

Nach jeder neuen internationalen Vergleichsstudie kommen aus den Reihen der Politik erstaunlich schnell umfassende Vorschläge zur Verbesserung der deutschen Schullandschaft und des deutschen (Physik-)Unterrichts. Aus Expertensicht ist die Eignung dieser Vorschläge allerdings oft fraglich:

„Ich fürchte mich am meisten vor den Personen, die jetzt genau wissen, was zu tun ist. Schule ist ein komplexes Zusammenspiel vieler Bereiche.“  
(BAUMERT in BAUMERT & LANGE 2001)

Innerhalb der Physikdidaktik herrscht zumindest weitgehende Einigkeit über die Richtung der notwendigen Veränderungen. Das Verständnis zentraler Probleme und Konzepte und die geistige Aktivierung der Schülerinnen und Schüler müssen zum Ziel von Physikunterricht werden. Das bedeutet nicht, auf Faktenwissen, Fertigkeiten und Formalisierungen vollkommen zu verzichten, jedoch die derzeit dominierende Stellung dieser Ziele zu korrigieren (vgl. SCHECKER 2001, S. 89; BAUMERT & LANGE 2001).

Wie dies zu erreichen ist, ist noch offen. Insgesamt befindet sich der deutsche Physikunterricht aber in einem derart unbefriedigenden Zustand, dass umfassende Neujustierungen unumgänglich sind. Inhaltliche Vorschläge für solche Neujustierungen und Entwicklungsmöglichkeiten des Physikunterrichts gibt es in unüberschaubarer Zahl. Zur inhaltlichen Strukturierung dieser Ansätze stellen die elf Module des BLK-Programms SINUS, Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts, (BLK 1997) einen gängigen Standard dar:

1. Weiterentwicklung der Aufgabekultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht
2. Naturwissenschaftliches Arbeiten
3. Aus Fehlern lernen
4. Sicherung von Basiswissen – Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus
5. Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen

6. Fächergrenzen erfahrbar machen: fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten
7. Förderung von Mädchen und Jungen
8. Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern
9. Verantwortung für das eigene Lernen stärken
10. Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs
11. Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

Bisher nicht erkennbar ist ein verbindender theoretischer Rahmen dieser inhaltlichen Arbeitsbereiche. Zwar wird dem Modul 1 (Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht) in dieser Arbeit noch besondere Aufmerksamkeit zu Teil werden (siehe Kapitel 4, Seite 51), dies bedeutet jedoch keine Festlegung auf einzelne dieser Module.

Stattdessen wird, anknüpfend an die Aspekte Unterrichtsskripte und Unterrichtsqualität, die Planung von Unterricht auf eine theoretische Basis gestellt, die an sich bereits eine erhebliche Weiterentwicklung des Physikunterrichts darstellt. Diese theoretische Grundlage soll dabei primär folgenden Ansprüchen genügen:

- Anwendbarkeit zur Verbesserung beschriebener Problemfelder des Physikunterrichts (insbesondere die Monokultur und fehlende Variabilität sowie die Stärkung von Konzeptverständnis gegenüber Faktenwissen betreffend)
- Unterstützung der Förderung von Lernprozessen im Sinne der Unterrichtsqualitätsforschung
- Kompatibilität zu Forderungen nach übergeordneten Lernzielen und Kompetenzen
- Zugänglichkeit für empirische Überprüfung

Nicht primär gefordert, aber darüber hinaus wünschenswert, wären:

- Offenheit für Weiterentwicklungen aufgrund zukünftiger empirischer Befunde
- Verallgemeinerbarkeit und Anwendbarkeit über die Physikdidaktik hinaus
- Eignung als möglicher theoretischen Rahmen für verschiedenste inhaltliche Ansätze zur Verbesserung des Physikunterrichts (etwa die BKL-Module)
- Brauchbarkeit sowohl im Rahmen der didaktischen Forschung als auch der Schulrealität

Eine Theorie, die diesen Ansprüchen gerecht wird, ist die im folgenden Kapitel vorgestellte Theorie der Basismodelle.

## **2-9 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 2**

Mittelpunkt dieses Kapitels war die Frage nach Merkmalen „guten“ (Physik-) Unterrichts, ausgehend von der empirischen Wende und zunehmenden Output-Orientierung in der Didaktik. Auf Grundlage von TIMSS und TIMSS-Video wurden zunächst Problemfelder des deutschen Mathematikunterrichts identifiziert, die auf ein so genanntes kulturelles Skript zurückgeführt wurden. Auch für den Physikunterricht wurde ein solches Skript beschrieben. Unter Zuhilfenahme der TIMSS-1999-Videostudie und neuerer Videostudien zum Physikunterricht wurden Grenzen der Beschreibung von Unterricht durch Skripte dargestellt. Danach sind sowohl allgemeine als auch physikspezifische, empirisch belegte Merkmale von Unterrichtsqualität zusammengefasst worden. Abschließend wurden Hinweise zur Weiterentwicklung des Physikunterrichts gegeben und Anforderungen an die theoretische Grundlage dieser Arbeit formuliert.

## KAPITEL 3

### DIE THEORIE DER BASISMODELLE

---

<b>3-1</b>	<b>GRUNDLEGENDE ANNAHMEN ZUM LEHREN UND LERNEN.....</b>	<b>38</b>
<b>3-2</b>	<b>ZWEI-EBENEN-MODELL DES UNTERRICHTS.....</b>	<b>38</b>
<b>3-3</b>	<b>BASISMODELLE DES UNTERRICHTS .....</b>	<b>39</b>
	BASISMODELLE UND HANDLUNGSKETTEN .....	39
	BEGRENZTE ANZAHL VON BASISMODELLEN DES UNTERRICHTS .....	40
<b>3-4</b>	<b>CHOREOGRAPHIE DES UNTERRICHTENS .....</b>	<b>41</b>
	DIE CHOREOGRAPHIE-METAPHER.....	41
	UNTERRICHTSGESTALTUNG IM SINNE DER THEORIE DER BASISMODELLE.....	42
	KOMBINATION VON BASISMODELLEN.....	43
<b>3-5</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>44</b>
	VORTEILE DER THEORIE.....	44
	NORMATIVE ELEMENTE DER THEORIE.....	45
	KRITISCHE PUNKTE DER THEORIE.....	45
<b>3-6</b>	<b>ADAPTION FÜR DEN PHYSIKUNTERRICHT NACH REYER .....</b>	<b>47</b>
<b>3-7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 3 .....</b>	<b>49</b>

---

Die Theorie der Basismodelle (oder kurz: Basismodelltheorie) geht im Wesentlichen auf das Forschungsprojekt „Choreographien unterrichtlichen Lernens“ (OSER & PATRY 1990) zurück. Ergänzende Informationen finden sich im Abschlussbericht dieses Projekts (OSER ET AL. 1997). OSER & BAERISWYL (2000) liefern eine englischsprachige Darstellung der Grundlagen der Basismodelltheorie sowie eine Einordnung in die Geschichte der allgemeinen Didaktik. WAGNER (1999) diskutiert sehr umfassend die Gesamtheorie sowie die einzelnen Basismodelle. Die Modifikation der Basismodelle im Hinblick auf ihre Anwendung im Physikunterricht leistet REYER (2003a, 2004).

### 3-1 GRUNDLEGENDE ANNAHMEN ZUM LEHREN UND LERNEN

Zentrale Grundlage der Basismodelltheorie ist die deutliche Unterscheidung von *Lernprozessen* und *Unterrichtsprozessen* (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 1; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1041). Zum Leidwesen vieler Lehrerinnen und Lehrer ist es trotz sorgfältiger Planung der Unterrichtsprozesse häufig nicht möglich, die kognitiven Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler in gewünschter Weise zu beeinflussen. Da es prinzipiell nicht möglich ist, die kognitiven Reaktionen von Schülerinnen und Schülern vorherzusehen, kann es beim Unterrichten nur darum gehen, Bedingungen zu schaffen, die bestimmte Lernprozesse ermöglichen.

Gegen gängige didaktische Theorien wird die Kritik erhoben, sie würden mit der Empfehlung bestimmter Methoden oder Sozialformen lediglich die Seite der Unterrichtsprozesse berücksichtigen. Dem wird nun die Theorie der Basismodelle mit einem völlig anderen Fokus gegenüber gestellt: Im Mittelpunkt stehen die kognitiven Aktivitäten der Lernenden und die Möglichkeiten der Initiierung dieser Aktivitäten durch den Lehrenden.

Mit WAGNER (1999) kann der Kern der Basismodelltheorie wie folgt zusammengefasst werden:

„Es wird hier von der Grundannahme ausgegangen, daß erfolgreiches Lernen kein Zufall, sondern das Produkt optimal geplanter und gesteuerter Lernprozesse ist. Der Lehrperson kommt dabei die zentrale Rolle des Initiators von Lernprozessen zu.“ (WAGNER 1999, S. 1)

### 3-2 ZWEI-EBENEN-MODELL DES UNTERRICHTS

Zur Beschreibung von Unterricht wird in der Theorie der Basismodelle ein Zwei-Ebenen-Modell herangezogen: Die erste Ebene ist die der so genannten *Sichtstruktur*. Sie umfasst die für jeden Beobachter sichtbaren Unterrichtsereignisse, die Aneinanderreihung der Unterrichtsschritte, die Methoden und Interaktionsformen sowie die Sozialformen und Medien. Die zweite Ebene ist die Ebene der Lernprozesse und Lernaktivitäten, der Hypothesen, Regeln und Theorien zum Lernen von Schülerinnen und Schülern. Diese Ebene wird als *Basisstruktur* bezeichnet (OSER & BAERISWYL 2000, S. 1043; WAGNER 1999, S. 7). Die Ebenen von



*Sichtstruktur* und *Basisstruktur* korrespondieren mit der Unterscheidung zwischen *Unterrichtsprozessen* und *Lernprozessen*.

Beiden Ebenen werden in der Basismodelltheorie unterschiedliche Bedeutungen für erfolgreichen Unterricht zugeschrieben. Auf Ebene der Sichtstruktur gibt es zwar unzählige Möglichkeiten, bestimmte Unterrichtsschritte umzusetzen, die Sichtstruktur allein liefert aber im Hinblick auf die Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern keinerlei Legitimationsmöglichkeit für bestimmte Vorgehensweisen (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 21; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1049). Diese Legitimation ist nur auf der Ebene der Basisstruktur möglich. Erst auf dieser Ebene kann entschieden werden, welche Schritte für erfolgreichen Unterricht notwendig sind.

Innerhalb der Basisstruktur werden „versteckte Pläne“ (OSER & BAERISWYL 2000, S. 1041) angenommen, von denen es nur eine endliche Zahl gibt. Diese Pläne repräsentieren verschiedene Typen von Lehrzielen und verknüpfen die dafür notwendigen Lernaktivitäten innerhalb der Basisstruktur zu Ketten. Diese versteckten Pläne innerhalb der Basisstruktur werden als *Basismodelle* bezeichnet.

### 3-3 BASISMODELLE DES UNTERRICHTS

#### *Basismodelle und Handlungsketten*

Die Formulierung, Basismodelle seien versteckte Pläne innerhalb der Basisstruktur, bedarf natürlich einer Präzisierung. Genauer werden Basismodelle als feststehende Ketten mentaler Handlungen (Lernskripts) verstanden, die fünf Kriterien genügen müssen:

1. Zu ihrer theoretischen Fundierung muss mindestens eine psychologische Grundagentheorie verfügbar sein.
2. Diese Theorie muss ein sog. Transformationsmodell enthalten, d.h. es muss erklärt werden, wie Veränderungen (Lernprozesse) ablaufen.
3. Es muss möglich sein, authentische Unterrichtsbeispiele für das Vorgehen im Sinne der Theorie zu beschreiben.
4. Eine operative Handlungsfolge muss formulierbar sein, und zwar auf einer mittleren Ebene zwischen Basis- und Sichtstruktur; d.h. die Handlungsfolge darf weder so allgemein formuliert sein, dass sie über mehrere Basismodelle hinweg verallgemeinerbar wäre, noch darf sie so speziell

formuliert sein, dass sie bei der Anwendung auf Unterricht eine Mikroanalyse notwendig machen würde.

5. Die operative Handlungsfolge muss empirisch überprüfbar sein.

Verschiedene Basismodelle unterscheiden sich jeweils hinsichtlich des Lehrzieltyps und der operativen Handlungsfolge, die als *Handlungskette* bezeichnet wird. Die Handlungsketten bestehen aus unentbehrlichen und fest vorgeschriebenen Schritten des Lernprozesses. Die einzelnen Schritte der Handlungskette eines Basismodells werden als *Handlungskettenelemente* bezeichnet. Sie sind dabei in ihrer Reihenfolge zwingend notwendig. Obwohl einzelne Handlungskettenelemente auch in den Handlungsketten anderer Basismodelle auftauchen können, wird die Forderung erhoben, dass die Lehrzieltypen und Handlungsketten der Basismodelle unabhängig voneinander und nicht aufeinander zurückführbar sind (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 11ff.; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1044f.). Zusammenfassend ist damit folgende Definition des Begriffs *Basismodell* angemessen:

„Das Basismodell besteht aus einer, für jeden Lernenden absolut notwendigen, feststehenden Kette von Operationen oder Operationsgruppen, die nicht durch etwas anderes ersetzt werden können. Der ganzheitliche Charakter dieser jeweiligen Kette wird bestimmt durch a) lernpsychologische Gesetzmäßigkeiten einerseits, und b) durch den Typ des Ziels andererseits. Beide gehören zusammen.“ (OSER ET AL. 1997, S. 8)

#### *Begrenzte Anzahl von Basismodellen des Unterrichts*

In der Basismodelltheorie wird davon ausgegangen, dass es nur eine begrenzte Anzahl von Basismodellen gibt. Als Ergebnis umfangreicher explorativer Studien werden insgesamt 14 gleichwertige Basismodelle angenommen (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 14):

- 1a Lernen durch Eigenerfahrung
- 1b Entdeckendes Lernen
- 2 Entwicklung als Ziel der Erziehung
- 3 Problemlösen
- 4a Begriffsbildung
- 4b Konzeptbildung
- 5 Betrachtendes Lernen
- 6 Lernen von Strategien
- 7 Routinebildung und Training von Fertigkeiten

- 8 Motilitätsmodell
- 9 Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen
- 10 Wert- und Identitätsaufbau
- 11 Hypertext-Lernen
- 12 Verhandeln Lernen

Die verschiedenen Basismodelle werden durch die Verschiedenartigkeit der angestrebten Lehrzieltypen charakterisiert. Es wird deutlich, dass es sich bei diesen Lehrzieltypen um allgemeine, inhaltsunabhängige Ziele handelt. Gemeinsam ist allen Basismodellen, dass in ihnen durch die vier- bis sechselementige Handlungskette ein zum Erreichen des jeweiligen Ziels optimaler Lernprozess beschrieben wird.

Es wird behauptet, diese 14 Basismodelle seien sowohl vollständig als auch „orthogonal“ zueinander; sie würden also alle denkbaren Lehrziele umfassen und gleichzeitig jedes für sich unabhängig von den anderen Basismodellen sein. Allerdings wird die Notwendigkeit eingeräumt, diese Behauptung ständigen empirischen Prüfungen zu unterziehen. Auch seien aufgrund unterschiedlicher didaktischer Traditionen abweichende Kataloge von Basismodellen denkbar (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 13f.).

Auf eine Diskussion einzelner Basismodelle soll an dieser Stelle verzichtet werden (siehe hierzu Kapitel 3-6, S. 47).

### 3-4 CHOREOGRAPHIE DES UNTERRICHTENS

#### *Die Choreographie-Metapher*

Zur Beschreibung der Unterrichtsplanung im Sinne der Basismodelltheorie wird häufig die Choreographie eines Tanzes als Metapher verwendet (vgl. OSER & PATRY 2000, S. 1; OSER ET AL. 1997, S. 7f.; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1043): Tänzerinnen und Tänzer bewegen sich zwangsläufig in einem Spannungsverhältnis von „Freiheit und Strenge“. Allein durch eine bestimmte Musik ergeben sich für die Bewegungen bestimmte Vorgaben, denen man sich nicht entziehen kann. Dennoch bleibt ein gewisser Spielraum zur freien Entfaltung, den Tänzerinnen und Tänzer kreativ nutzen können. Der Zusammenhang dieser Metapher zur Basismodelltheorie wird im nächsten Abschnitt erläutert werden.

*Unterrichtsgestaltung im Sinne der Theorie der Basismodelle*

Im Sinne der Basismodelltheorie strukturierter Unterricht sollte in folgenden Schritten geplant werden:

1. Bestimmung der Lehrinhalte und Besinnung auf die Lerngruppe
2. Entscheidung über den intendierten Lehrzieltyp
3. eindeutige Zuordnung des Basismodells
4. eindeutige Zuordnung der Handlungskette
5. methodische Gestaltung des Unterrichtsverlaufs als Sichtstruktur

(REYER 2003a, S. 27)

Damit bewegen sich Lehrerinnen und Lehrer bei der Planung von Unterricht nach der Basismodelltheorie in einem ähnlichen Spannungsverhältnis wie Tänzerinnen und Tänzer: Sie entscheiden zwar zunächst selbstständig über den zu verfolgenden Lehrzieltyp – sie suchen sich sozusagen die Musik, nach der getanzt werden soll, selber aus – sind dann aber der vom Basismodell vorgegebenen Handlungskette unterworfen, da die einzelnen Handlungskettenelemente unbedingt in der festgelegten Reihenfolge anzuwenden sind; Auslassungen und Ersetzungen sind unzulässig. Bei der Umsetzung der Handlungskette in eine Sichtstruktur ergeben sich für die Unterrichtenden allerdings Freiräume bezüglich der methodischen Gestaltung. Entscheidend für die Unterrichtsgestaltung sind aber in jedem Fall die Basismodelle, sie sind „die rationale Grundlage für die jeweilige Sichtstruktur“ (OSER & PATRY 1990, S. 41), „the backbone of freely structured activities at the level of the visible structure“ (OSER & BAERISWYL 2000, S. 1047). Sie legitimieren die Unterrichtsschritte und verleihen ihnen eine auf den Lernprozess der Schülerinnen und Schüler abzielende Intentionalität. Unter optimalen Bedingungen beeinflusst das Basismodell somit die Sichtstruktur, die Sichtstruktur ist ihrerseits aber ohne Einfluss auf die Basisstruktur (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 21).

Die Theorie der Basismodelle relativiert mit der Vorgabe fester Handlungsketten auf Ebene der Basisstruktur bewusst die Methodenfreiheit des Unterrichtenden. Aus Sicht der empirischen Erziehungswissenschaften kann die Strukturierung von Lernprozessen nicht ohne Einschränkung den Lehrerinnen und Lehrern überlassen werden (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 7; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1042). Vielmehr müssen, mit Rücksicht auf die Unterstützung kognitiver Prozesse von Schülerinnen und Schülern, bestimmte Vorgaben unbedingt eingehalten werden. Die

Methodenfreiheit der Unterrichtenden wird somit durch die Basismodelltheorie auf die Umsetzung der Handlungsketten in Sichtstruktur reduziert:

„The teacher has the right, on one side, to structure his or her lesson however he or she wants, and, on the other side, he or she must stay within the limits of rule-based learning.“ (OSER & BAERISWYL 2000, S. 1043).

Die Choreographie des eigenen Unterrichts besteht also im Ausnutzen der Methodenfreiheit auf der Ebene der Sichtstruktur unter unbedingter Berücksichtigung empirisch fundierter Strukturierungsvorgaben auf der Ebene der Basisstruktur.

### *Kombination von Basismodellen*

Wenn die einzelnen Basismodelle auch voneinander unabhängig sind, so ist es doch möglich, sie miteinander zu kombinieren, allerdings nicht beliebig:

„Die Früchte solcher Verbindungen müßten mindestens dergestalt sein, daß zu zeigen wäre, wie ein Gegenstand, der von verschiedenen Seiten her erarbeitet wird, Komplexität gewinnt, Erweiterung erfährt und in seiner Rekonstruktion mehreren Zieltypen unterliegt.“ (OSER ET AL. 1997, S. 23)

Dadurch lassen sich nicht nur additive Abfolgen von Basismodellen rechtfertigen, sondern auch Verzahnungen, bei denen ein Basismodell in ein anderes integriert wird. Ein Beispiel dafür wäre die Integration einer routinebildenden Handlungskette (Basismodell 7) in den Lernprozess „Konzeptbildung“ (Basismodell 4b) mit dem Ziel, die Anwendung des neu erlernten Konzepts zu trainieren. Ein weiteres Beispiel wäre der Einschub der Begriffsbildung (Basismodell 4a) zur Unterstützung des Problemlösens (Basismodell 3), etwa falls sich beim Prozess des Problemlösens die Notwendigkeit eines neuen Begriffs zeigen sollte. Dabei können sich sogar einzelne Handlungskettenelemente eines Basismodells erübrigen, wenn sie durch das andere Basismodell bereits abgedeckt sind. Letztlich muss aber jedes Basismodell in seinem Charakter im Wesentlichen intakt bleiben (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 23f.; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1049f.).

Es darf nicht der Eindruck entstehen, hierdurch würden beliebige Kombinationen von Basismodellen ermöglicht. Um dies zu verhindern und um sicherzustellen, dass zwei oder mehr Basismodelle nur zielgerichtet miteinander verbunden werden, müssen solche Kombinationen im Hinblick auf die Lernförderung durch mindestens eine von drei Begründungsarten legitimiert werden (OSER ET AL. 1997, S. 28):

- 1) *Zugangsvielfalt*: Ein Inhalt soll bewusst unter Berücksichtigung mehrerer, gleichberechtigter Lehrzieltypen bearbeitet werden.
- 2) *Vertiefung*: Ein Thema wird weitgehend durch ein einziges Basismodell vermittelt, allerdings werden zur Ergänzung zusätzlicher Aspekte andere Basismodelle hinzugezogen, ohne den Ablauf des dominierenden Basismodells zu stören.
- 3) *Hilfsfunktion*: Ein Thema wird zunächst durch ein einziges Basismodell vermittelt. Dabei entstehende Probleme werden durch den Einschub anderer Basismodelle aufgegriffen.

Durch diese Möglichkeit, Basismodelle zielgerichtet und begründet miteinander zu kombinieren, entstehen für den Unterrichtenden zusätzliche – wenn auch begrenzte – Freiheiten für die Choreographie seines Unterrichts auf der Ebene der Basisstruktur.

### 3-5 DISKUSSION

#### *Vorteile der Theorie*

Die große Stärke der Theorie der Basismodelle ist darin zu sehen, dass sie Theorien und Erkenntnisse aus verschiedensten Gebieten von Psychologie und Lehr-Lernforschung zu einem umfassenden Konzept verbindet (vgl. WAGNER 1999, S. 50). Sie kann daher als eine Art Meta-Theorie betrachtet werden (vgl. TRENDL 2003). Die Theorie ist an Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler orientiert und steht dabei im Einklang mit konstruktivistischen Sichtweisen des Lernens (siehe Kapitel 1-3, Seite 8), da in allen Basismodellen die Eigenständigkeit und kognitive Aktivität der Lernenden betont und für die Unterrichtsplanung brauchbar gemacht wird (vgl. OSER & PATRY 1990, S. 49). Im Bezug auf die im ersten Kapitel (siehe Kapitel 1, Seite 3) vertretene Sichtweise von Physiklernen ist die Basismodelltheorie damit eine angemessene Planungsgrundlage für Unterricht.

Für den Unterrichtenden können die Basismodelle als Entlastung und Strukturierungshilfe angesehen werden. Bei Verwendung der Basismodelle können Lehrerinnen und Lehrer begründet davon ausgehen, alle wesentlichen Lernprozessschritte bei der Planung ihres Unterrichts berücksichtigt zu haben (vgl. WAGNER 1990, S. 48, 112). Dadurch soll die Aufmerksamkeit der Lehrerinnen und

Lehrer – insbesondere im Fall von Unterrichts-Novizen – weg vom eigenen Handeln und den Stoffinhalten, hin auf die kognitiven Prozesse der Schülerinnen und Schüler gelenkt werden (vgl. OSER ET AL. 1997, S. 21; OSER & BAERISWYL 2000, S. 1048).

### *Normative Elemente der Theorie*

Obwohl dies in den ursprünglichen Darstellungen der Basismodelltheorie (OSER & PATRY 1990; OSER ET AL. 1997; OSER & BAERISWYL 2000) nur am Rande Erwähnung findet, so ist die Theorie der Basismodelle keine auf allen Ebenen empirisch abgesicherte Theorie. Sie enthält deutliche normative Akzente. So impliziert bereits die Betonung der Selbsttätigkeit der Schülerinnen und Schüler eine bestimmte pädagogische Werthaltung: „Die Zumutung von Einsicht, Verantwortungsübernahme, Wahrhaftigkeit und Sinnkonstitutionsfähigkeit durch das Kind“ (OSER & PATRY 1990, S. 50).

Weitere normative Elemente sind in den Forderungen enthalten, möglichst verschiedene Basismodelle zu nutzen und dasselbe Basismodell unterschiedlich in Sichtstruktur umzusetzen, verbunden mit der Ablehnung vorgegebener methodischer Rezepte auf der Ebene der Sichtstruktur (vgl. OSER & PATRY 1990, S. 47f.). Am deutlichsten wird der normative Charakter der Basismodelltheorie jedoch in der Kritik, bestimmte Basismodelle würden im gängigen Unterricht überbetont, während andere vernachlässigt würden (vgl. WAGNER 1999, S. 46f.).

### *Kritische Punkte der Theorie*

„Die Basismodelle sind Hypothesen über Lernverläufe von Kindern, die wir durch Sichtstrukturen stimulieren und/oder unterstützen können.“ (OSER ET AL. 1997, S. 21). Dabei sind die einzelnen Lernschritte in einer Reihenfolge als Handlungskette gegliedert.

Von dieser kurzen Charakterisierung der Basismodelle ausgehend können einige Schwierigkeiten der Basismodelltheorie deutlich gemacht werden:

Zum einen handelt es sich bei den Basismodellen um „Modelle mit Absolutheitsanspruch“ (WAGNER 1999, S. 46). Dieser Anspruch ist sehr hoch gegriffen und könnte allein dadurch schon auf Ablehnung stoßen. In jedem Fall ist aber deutlich zu machen, dass die einzelnen Basismodelle und ihre Handlungsketten

durchaus unterschiedlich gut empirisch abgesichert sind und somit dem Anspruch der Theorie in einem unterschiedlichen Maße gerecht werden (vgl. TRENDL 2003). Der Absolutheitsanspruch der Basismodelle sollte daher relativiert und ihre Gültigkeit ausdrücklicher als bisher von weiteren empirischen Ergebnissen abhängig gemacht werden.

Kritisch zu betrachten ist außerdem, dass die Basismodelle nicht nur „Hypothesen über Lernverläufe von Kindern“ darstellen, sondern vielmehr jedes Basismodell eine Hypothese über einen optimalen Lernverlauf für *alle* Lerner darstellt. Es wird somit unterstellt, dass alle Lernenden auf gleiche Weise lernen und dabei den gleichen Gesetzmäßigkeiten unterworfen sind (vgl. WAGNER 1999, S. 2). Wenn diese Sichtweise dabei im Hinblick auf eine effektive Unterrichtsplanung pragmatisch ist, so mag auch diese Form des Absolutheitsanspruches für sich schon Ablehnung provozieren. In jedem Fall ist dieser Aspekt ebenfalls empirisch zu verfolgen.

Über fehlende empirische Absicherungen der Basismodelle hinaus fällt auf, dass die Sichtstruktur kaum thematisiert und mit der Basisstruktur in Verbindung gebracht wird (vgl. WAGNER 1999, S. 45). Auch wenn die Basisstruktur der entscheidende Ausgangspunkt für die Choreographie des Unterrichts darstellt, so sollen die Sichtstrukturen doch geeignet sein, die Basismodelle zu „stimulieren und/oder (zu) unterstützen“ (OSER ET AL. 1997, S. 21). Es fehlen jedoch Hinweise, wie eine Handlungskette in eine stimulierende Sichtstruktur zu transformieren ist. Wenn hier auch feste Vorgaben weder notwendig noch wünschenswert erscheinen, so wären zumindest Kriterien zu formulieren, die in der Umkehrung eine Beurteilung erlauben, ob eine Sichtstruktur geeignet ist, einen Lernweg im Sinne der Handlungsketten zu stimulieren (vgl. REYER 2003a, S. 29).

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass die Theorie der Basismodelle:

- hypothetische Lernverläufe annimmt, die zum Teil empirisch nur wenig abgesichert sind,
- vereinfachend allen Lernenden gleichartige optimale Lernverläufe unterstellt und
- keine Kriterien für die Auswahl und Gestaltung geeigneter Sichtstrukturen liefert.

Es ist allerdings zu attestieren, dass die Theorie der Basismodelle recht jung ist. Somit sind die drei genannten Punkte als Aufforderung zu verstehen, die Basismodelltheorie weiter zu entwickeln. Im Hinblick auf die derzeitige



Unterrichtswirklichkeit stellt die Theorie in jedem Fall einen Fortschritt dar, denn sie rückt die kognitiven Prozesse der Schülerinnen und Schüler in den Mittelpunkt der Unterrichtsplanung, betont die Notwendigkeit empirischer Fundierung unterrichtlichen Handelns und knüpft für einzelne Lernprozesse bereits an empirische Befunde an.

### **3-6 ADAPTION FÜR DEN PHYSIKUNTERRICHT NACH REYER**

Vor der Anwendung der Basismodelltheorie auf ein spezielles Unterrichtsfach ist zu überprüfen, inwieweit die einzelnen Basismodelle auf das Fach anwendbar sind, ob sie sich mit fachdidaktischen Zielvorstellungen vereinbaren lassen und Modifikationen sinnvoll sein könnten. So schlagen z.B. GASTAGER & PATRY (1997, S. 266) für den Mathematikunterricht eine Zusammenlegung der Basismodelle 4a (Begriffsbildung) und 4b (Konzeptbildung) zum Basismodell „Begriffs- und Konzeptbildung (Wissensaufbau)“ vor.

Eine Diskussion aller 14 Basismodelle im Hinblick auf den Physikunterricht leistet REYER (2003a, S. 30ff.). Seine wesentlichen Modifikationen sind:

- Verzicht auf die Basismodelle 1b (Entdeckendes Lernen), 6 (Lernen von Strategien) und 12 (Verhandeln Lernen),
  - Umbenennung des Basismodells 2 (Entwicklung als Ziel der Erziehung) in „Konzeptwechsel“, in Anlehnung an die Conceptual-Change-Theorie,
  - Zusammenlegung der Basismodelle 4a (Begriffsbildung) und 4b (Konzeptbildung) zum Basismodell „Theoriebildung“
- und
- Umbenennung des Basismodells 11 (Hypertext-Lernen) in „Übersichtslernen“.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die somit verbleibenden zehn Basismodelle (zur besseren Übersicht wurde die ursprüngliche Nummerierung der Basismodelle beibehalten). Eine detaillierte Auflistung aller zehn Basismodelle mit ihren Handlungsketten findet sich im Anhang dieser Arbeit (siehe Anhang 1, Seite 230).

Tabelle 1: Übersicht über die zehn Basismodelle nach Reyer

<i>Basismodel</i>		<i>Lehrzieltyp</i>	<i>Notwendige Merkmale</i>	<i>Beispiel einer Sichtstruktur</i>
1	<b>Lernen durch Eigenerfahrung</b>	gezielte Aneignung von Erfahrungswissen	Lebensweltbezug, fachwissenschaftliche Einbindung von Alltagswissen	„Wiederentdecken“ eines alltagsrelevanten Phänomens wie Meeresgezeiten oder Glühlampe
2	<b>Konzeptwechsel</b>	Transformation von kognitiven Tiefenstrukturen (z.B. moralisches Urteil)	Desäquilibriumsvorgänge, Neukonstruktion statt Anpassung des Wissens	Kontroverse Dilemmadiskussionen wie Welle-Teilchen-Dualismus, Überwinden von Fehlvorstellungen wie Stromverbrauchsvorstellung
3	<b>Problemlösen</b>	Problemlösen unter Erkenntnisgewinn	Hypothesenbildung, Hypothesentestung, Methodenschwerpunkt: Sozial- und Kommunikationskompetenz	Bestimmen einer neuen physikalischen Größe, z.B. Drehimpuls oder ohmscher Widerstand, Konstruktion einer physikalischen Beziehung wie Hookesches Gesetz
4	<b>Theoriebildung</b>	Aufbau von zu verstehendem, vernetztem Wissen	Einzelaspekte, Abstraktion, Analogiebildung, Abgrenzung	Erarbeiten einer physikalischen Beziehung wie $F=m \cdot a$ oder Zerfallsgesetz, Erkennen von Kausalitäten wie Wärmeleitung
5	<b>Kontemplation, Meditation</b>	Meditative Versenkung	Innerer Nachvollzug ontologischer, schicksalhafter, religiöser u. ä. Wirklichkeiten	Staunen-Können über ausgewählte physikalische Phänomene, z.B. astronomische Größenverhältnisse oder subatomare Physik
7	<b>Routinebildung</b>	Automatisierung	Hohe Übungsfrequenz und Wiederholung, Entlastung des Bewusstseins	Arbeitsformen lernen wie Oszilloskop bedienen, Messwertdarstellung oder Formelanwendung
8	<b>Motilität</b>	Transformation affektiver Erregung (z. B. Ergriffenheit)	Schöpferisches Verarbeiten von Erlebnissen, musische Expressivität	Gestalterisches Darstellen von Phänomenen oder Ergebnissen wie z.B. Collage zu Projektergebnis; kunstvolles Spiel mit einem Phänomen wie Akrobatik oder Zaubertricks
9	<b>Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen</b>	Bindungsentwicklung durch sozialen Verhaltensaustausch	Prosoziales Handeln, Gruppenleben, Diskursverhalten, Freundschaftsentwicklung	Kooperatives Lernen, Gruppenarbeit wie Aufgabenteilung beim Experimentieren oder gegenseitige Lernhilfe
10	<b>Werte- und Identitätsaufbau</b>	Wertwandel, Wertklärung, Wertschaffung	Wertkonstitution durch Partizipation, Methodenschwerpunkt: Scientific-Literacy	diskursive Einordnung gesellschaftlich relevanter physikalischer Themen, z.B. Pro-und-Kontra Atomenergie
11	<b>Übersichtslernen</b>	Konstruktion und Erstellung von eigenständigen Vernetzungen (deduktiv-induktiv gemischtes Vorgehen)	Neuordnen und Neubewerten von Informationseinheiten, Spiel mit Übersichten	Einordnen physikalischer Anwendungen oder lebensweltlicher Konsequenzen, z.B. mit Hilfe von Zeitungs-, Literatur- oder Internet-Recherche

aus REYER 2003a, S. 40f.

Aus Tabelle 1 wird bereits deutlich, dass sich bestimmte Basismodelle leichter mit fachlichen Zielen und Voraussetzungen des Physikunterrichts verbinden lassen als andere: Lernen durch Eigenerfahrung (Basismodell 1) korrespondiert mit einem handlungsorientiert angelegten Physikunterricht, das Basismodell 2 (Konzeptwechsel) lässt sich zur Überwindung so genannter Prä- oder Misskonzepte einsetzen. Problemlösen (Basismodell 3) sollte – unabhängig von der Theorie der Basismodelle – ein zentrales Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellen, Theorie- und Routinebildung (Basismodelle 4 und 7) sind grundlegend für die Erarbeitung und das Training physikalischer Kenntnisse und Fertigkeiten (vgl. REYER 2003a, S. 41f.).

Damit soll jedoch nicht impliziert werden, Physikunterricht könne auf diese, ihm „natürlich“ entsprechenden Basismodelle beschränkt werden. Vielmehr sollte im Sinne einer vielfältigen Unterrichtschoreographie versucht werden, möglichst viele Basismodelle im Unterricht einzusetzen, selbst wenn ein Großteil des Unterrichts auch mit nur einem Teil der Basismodelle bestritten werden kann.

### 3-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 3

Die Theorie der Basismodelle fokussiert auf die kognitiven Aktivitäten der Lernenden und die Möglichkeiten ihrer Aktivierung durch den Lehrenden. Bei der Beschreibung von Unterricht wird zwischen zwei Betrachtungsebenen unterschieden, der Sichtstruktur und der Basisstruktur. Die Strukturierung von Unterricht muss ihre Legitimation auf der Ebene der Basisstruktur finden. Unterschieden nach Lehrzieltypen werden auf dieser Ebene vierzehn so genannte Basismodelle als Strukturierungshilfen formuliert. Sie beschreiben lerntheoretisch optimierte und größtenteils empirisch gestützte operative Handlungsfolgen, so genannte Handlungsketten. Bei der Unterrichtsplanung sind diese Handlungsfolgen von der Lehrperson in die Planung und Durchführung des Unterrichts einzubeziehen. Für den Physikunterricht lässt sich die Zahl der Basismodelle auf zehn reduzieren.



## KAPITEL 4

### AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT

---

<b>4-1</b>	<b>AUFGABEN IN DER NATURWISSENSCHAFTSDIDAKTIK VOR TIMSS</b>	<b>53</b>
<b>4-2</b>	<b>TIMSS-VIDEO: NEUE IMPULSE FÜR DIE DISKUSSION UM AUFGABEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT</b>	<b>55</b>
<b>4-3</b>	<b>AUFGABEN IM FOKUS DER FACHDIDAKTISCHEN FORSCHUNG NACH TIMSS</b>	<b>56</b>
<b>4-4</b>	<b>DIE ROLLE VON AUFGABEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT</b>	<b>58</b>
<b>4-5</b>	<b>ANFORDERUNGEN AN AUFGABEN: EINE NEUE AUFGABENKULTUR</b>	<b>59</b>
<b>4-6</b>	<b>ANALYSE VON AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT</b>	<b>60</b>
<b>4-7</b>	<b>AUFGABENKONSTRUKTION: DISKUSSIONSBEITRÄGE</b>	<b>62</b>
<b>4-8</b>	<b>AUFGABENKONSTRUKTION AUF GRUNDLAGE DER THEORIE DER BASISMODELLE</b>	<b>64</b>
<b>4-9</b>	<b>KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN</b>	<b>66</b>
	INHALTLICHE UND CURRICULARE EINORDNUNG	67
	LÖSUNGSWEGE	67
	ANTWORTFORMAT, OFFENHEIT UND EXPERIMENTIERVERHALTEN	68
	KOMPETENZSTUFEN	70
	ANFORDERUNGSMERKMALE	71
	UNTERRICHTSPHASEN	72
	DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN	73
<b>4-10</b>	<b>NEUERE ERKENNTNISSE AUS DER TIMS-STUDIE</b>	<b>73</b>
	ZUVERLÄSSIGKEIT VON EXPERTENEINSCHÄTZUNGEN DER ANFORDERUNGSMERKMALE	74
	ANFORDERUNGSMERKMALE UND AUFGABENSCHWIERIGKEIT	75
	ZUVERLÄSSIGKEIT VON EXPERTENEINSCHÄTZUNGEN DER KOMPETENZSTUFEN	76
<b>4-11</b>	<b>AUFGABENANALYSEN IM RAHMEN VON PISA</b>	<b>78</b>
	KOMPETENZSTUFEN DER NATURWISSENSCHAFTLICHEN GRUNDBILDUNG IN PISA 2000	78
	KOGNITIVE KOMPETENZEN IN PISA-E	82
	AUFGABENMERKMALE ZUR ANALYSE DER PISA-ITEMS	84
	MATHEMATISCHE GRUNDBILDUNG IN PISA 2000	86
	AUFGABENMERKMALE VON MATHEMATIKAUFGABEN IN PISA 2000	87

LESEKOMPETENZ IN PISA 2000	89
ITEMKONSTRUKTION FÜR PISA-E 2003	91
<b>4-12 ÜBERARBEITETES KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN</b>	<b>93</b>
INHALTLICHE UND CURRICULARE EINORDNUNG	93
ERGÄNZUNG: BASISMODELLE UND HANDLUNGSKETTENELEMENTE	94
LÖSUNGSWEGE	94
ANTWORTFORMAT, OFFENHEIT UND EXPERIMENTIERVERHALTEN	94
KOMPETENZSTUFEN	95
ERGÄNZUNG: LESEKOMPETENZ!	96
ERGÄNZUNG: MATHEMATISCHE KOMPETENZ?	96
ANFORDERUNGSMERKMALE	97
UNTERRICHTSPHASEN	102
DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN	102
<b>4-13 LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN</b>	<b>103</b>
LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN UND COGNITIVE LOAD	103
GESTALTUNG VON LÖSUNGSBEISPIELEN	104
LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN VS. SELBSTSTÄNDIGES PROBLEMLÖSEN	105
<b>4-14 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 4</b>	<b>106</b>

Eine neue theoretische Grundlage für die Planung von Unterricht, wie sie im vorangegangenen Kapitel mit der Theorie der Basismodelle vorgestellt wurde, ist ein möglicher Weg, schulisches Lernen zu verbessern. Es ist aber zu erwarten, dass es Lehrerinnen und Lehrern schwer fallen wird, ihre Gewohnheiten bei der Planung von Unterricht aufzugeben und konsequent der neuen Theorie entsprechend zu handeln. Eine Möglichkeit, sie dabei zu unterstützen, ist die Bereitstellung geeigneter Materialien, die dabei helfen können, Unterricht im Sinne der Basismodelle zu strukturieren. Dazu sollen insbesondere basismodellorientiert gestaltete Aufgaben dienen. Bevor jedoch auf die Konstruktion solcher Aufgaben eingegangen wird, soll ein allgemeiner Blick auf die Rolle von Physikaufgaben in der Fachdidaktik geworfen werden.

In vielen Bereichen der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik hat die internationale Vergleichsstudie TIMSS zu deutlichen Veränderungen in der Wahrnehmung der Bedeutung einzelner Forschungsbereiche geführt. Dies gilt im Besonderen für die Auseinandersetzung mit Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Dieses Kapitel beginnt daher auch mit einem kurzen Blick auf die Auseinandersetzung mit Aufgaben vor TIMSS, bevor die Ergebnisse von TIMSS zur Rolle von Aufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht dargestellt werden. Anschließend wird exemplarisch das gestiegene Interesse an Aufgaben in der Fachdidaktik belegt und wesentliche Themenfelder in der Diskussion um Aufgaben werden angesprochen. Dazu gehören die Rolle, die Aufgaben im Unterricht spielen, und Forderungen nach einer neuen Aufgabenkultur. Außerdem werden die Notwendigkeit einer Analyse von Physikaufgaben und Vorschläge zur Konstruktion von Aufgaben dargestellt.

Darauf folgend werden eigene Beiträge zur Analyse und Konstruktion von Aufgaben erarbeitet, beginnend mit der Aufgabenkonstruktion auf Grundlage der Theorie der Basismodelle. Die Erarbeitung eines Kategoriensystems zur Analyse von Physikaufgaben beginnt mit der Zusammenfassung eines bereits bestehenden Systems. Wichtige Ergebnisse aus den Studien TIMSS und PISA, die bei der Entwicklung dieses Kategoriensystems noch nicht berücksichtigt werden konnten, werden dann zur Überarbeitung des Systems herangezogen.

Abschließend wird in diesem Kapitel das Lernen aus Lösungsbeispielen thematisiert, da dieses bei der empirischen Erprobung von Aufgaben relevant werden wird (siehe Kapitel 5-2, Seite 109).

#### **4-1 AUFGABEN IN DER NATURWISSENSCHAFTSDIDAKTIK VOR TIMSS**

Die spärliche Literatur aus der Mathematik- und Naturwissenschaftsdidaktik, die sich bereits in der Zeit vor der TIMS-Studie mit Aufgaben beschäftigt, bezieht sich fast ausschließlich auf den Mathematikunterricht. Im angloamerikanischen Raum findet häufig eine Auseinandersetzung mit Mathematikaufgaben aus psychologischer Sicht statt (z.B. RESNICK & FORD 1981). STEIN, GROVER & HENNINGSEN (1996) sowie HENNINGSEN & STEIN (1997) beschreiben etwa Ergebnisse empirischer Untersuchungen, unter welchen Bedingungen Mathematikaufgaben bei Schülerinnen und Schülern anspruchsvolle kognitive Aktivitäten anregen. Danach sind fünf Faktoren von entscheidender Bedeutung:

1. Aufbau auf das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler,

2. Hilfestellungen, die aber die Komplexität der Aufgabe nicht reduzieren (in der angloamerikanischen Literatur „scaffolding“, dt.: Gerüst, Baugerüst),
3. Angemessenheit der zur Verfügung stehenden Zeit,
4. Präsentation der korrekten Durchführung durch Lehrerin bzw. Lehrer oder Schülerin bzw. Schüler,
5. Einforderung von Erklärungen und Begründungen.

Insgesamt kommen die Beiträge zu Aufgaben meist aus dem angloamerikanischen Raum, deutsche Artikel sind die Ausnahme. Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über einige ausgewählte deutsche Beiträge gegeben werden:

Ein früher deutscher Beitrag zur Auseinandersetzung mit Aufgaben findet sich bei BROMME, SEEGER & STEINBRING (1990). Darin wird bereits zwischen zwei Arten der Aufgabenanalyse unterschieden: der rationalen Aufgabenanalyse, die Aufgaben vornehmlich im Hinblick auf inhaltliche, mathematische Merkmale und Strukturen hin analysiert, und der empirischen Aufgabenanalyse, die den tatsächlichen Umgang von Schülerinnen und Schülern mit den Aufgaben empirisch untersucht (ebd., S. 4).

FIEDLER befasst sich ebenfalls bereits 1991 mit Aufgaben, speziell Anwendungsaufgaben, im naturwissenschaftlichen Unterricht. Er entwickelt ein aufgabenorientiertes Unterrichtskonzept für die Anwendung von Naturgesetzen im Physikunterricht und evaluiert dies empirisch.

RENKL & STERN (1994) untersuchen das Vorgehen von Lehrerinnen und Lehrern bei der Auswahl von Aufgaben und die Wirkung auf Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht der Grundschule. Dabei erwiesen sich konzeptuell anspruchsvolle, auf mathematische Strukturen zielende Aufgaben als besonders lernförderlich, und dies sogar unabhängig von den kognitiven Eingangsvoraussetzungen der Schülerinnen und Schüler.

Eine der ersten empirischen Auseinandersetzungen mit Physikaufgaben im deutschen Raum findet sich bei SCHOSTER & VON AUFSCHNAITER (1997, 1998). Dabei handelt es sich um die Untersuchung experimenteller Aufgabenstellungen, speziell zur Elektrostatik. Es werden Schlussfolgerungen gezogen, wie Schülerinnen und Schüler mit Informationen unterschiedlicher „Kompliziertheit“ umgehen. Dabei erweisen sich insbesondere zu komplizierte Informationen als kritisch. Optimal sind dagegen weniger komplexe Informationen, deren Kompliziertheit der Bedeutung angepasst ist, die die Schülerinnen und Schüler der Information zuweisen.



#### **4-2 TIMSS-VIDEO: NEUE IMPULSE FÜR DIE DISKUSSION UM AUFGABEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT**

Die TIMSS-Videostudie wurde bereits in Kapitel 2 (siehe Seite 15) ausführlich diskutiert. Auf Grundlage der dabei gewonnen Videodaten wurde auch untersucht, welche Arten von Aufgaben im Unterricht der drei beteiligten Länder eingesetzt werden und wie dies geschieht (vgl. NEUBRAND 2003):

- Es zeigen sich deutliche Unterschiede in der Anzahl von Aufgaben pro Unterrichtsstunde (bei etwa gleichlangen Unterrichtsstunden): fünf bis sechs Aufgaben pro Unterrichtsstunde in Japan, etwa 12 Aufgaben in Deutschland und etwa 24 Aufgaben in den USA. Diese Zahlen sind unabhängig vom jeweiligen mathematischen Fachgebiet, hängen jedoch mit der Art des Einsatzes von Aufgaben im Unterricht zusammen.
- Viele der in amerikanischen Stunden gestellten Aufgaben werden nicht in der Klasse besprochen. Im geringeren Maße gilt dies auch für den beobachteten deutschen Mathematikunterricht. In Japan werden dagegen alle gestellten Aufgaben auch in der Klasse besprochen.
- Der japanische Unterricht legt den Schwerpunkt auf Aufgaben, die zumindest teilweise in Schülerarbeitsphasen bearbeitet werden.
- Im Vergleich zu den beiden anderen Ländern sind die in den Schülerarbeitsphasen des japanischen Geometrieunterrichts eingesetzten Aufgaben komplexer, d.h. sie fordern neben technischem auch begriffliches Wissen, sprechen mehrere Wissensbereiche an oder sind in Kontexte eingebunden.
- In den USA sind Aufgaben zumeist auf technisches Wissen aus einem einzigen Wissensbereich bezogen und werden im Klassenunterricht gelöst. In Deutschland werden im Geometrieunterricht 80% der Aufgaben in Schülerarbeitsphasen behandelt, wobei es wiederum in der Hälfte dieser Aufgaben zumindest teilweise um komplexeres, begriffliches Wissen geht. Im japanischen Unterricht werden auch 70% der Algebraaufgaben in Schülerarbeitsphasen behandelt. Im japanischen Geometrieunterricht kommen ausschließlich komplexe Aufgaben vor.

Ähnlich, wie schon in Kapitel 2 (siehe Seite 15) unterschiedliche kulturelle Unterrichtsskripte attestiert werden konnten, lassen sich in den einzelnen Ländern verschiedene Aufgabenkulturen identifizieren. Und auch hier hilft die interkulturelle Sichtweise, typische Vorgehensweisen der eigenen Nationen zu erkennen und gleichzeitig Alternativen wahrzunehmen (ebd., S. 31).

Für den in Deutschland üblichen Mathematikunterricht ist festzustellen,

„dass durch die überwiegende Orientierung an technischen Fertigkeiten viel von dem verschenkt wird, was Mathematik auch sein kann: die Fähigkeit, Mathematik in der Welt zu entdecken oder auf die Welt anzuwenden, und ebenso auch Mathematik als innermathematischen Strukturierungs- oder Problemlöseprozess zu erleben“ (ebd.).

Die Bewertung der deutschen Aufgabenkultur fällt also ebenso kritisch aus wie schon die Bewertung des Unterrichtsskripts. Fragen nach der Qualität der Aufgabenkultur und möglichen Konsequenzen werden in späteren Abschnitten erneut aufgegriffen.

#### **4-3 AUFGABEN IM FOKUS DER FACHDIDAKTISCHEN FORSCHUNG NACH TIMSS**

Wie bereits in der Diskussion um kulturelle Unterrichtsskripts wurden auch die Befunde der TIMSS-Videostudie zum unterrichtlichen Einsatz von Aufgaben bald auf die Naturwissenschaften, insbesondere die Physik, übertragen und mit den TIMSS-Leistungsdaten in Verbindung gebracht. So ist für den Physikunterricht ein ähnlich einseitiger, an technischen Fertigkeiten orientierter Einsatz von Aufgaben attestiert und mit für die wenig zufrieden stellenden Leistungsergebnisse verantwortlich gemacht worden:

„Alles, was wir über den deutschen Physikunterricht wissen, deutet darauf hin, dass die Art, wie Aufgaben im Unterricht eingesetzt werden, zu diesen Defiziten [gemeint sind die durch TIMSS aufgedeckten Defizite; Anmerkung des Autors] führt.“ (DUIT, FISCHER & MÜLLER 2002, S. 4)

In der Folge rückten Aufgaben zunehmend in den Fokus fachdidaktischer Forschung und wurden als ein Ansatzpunkt für die Verbesserung der Qualität von Unterricht erkannt (vgl. KÖRNDLE, NARCISS & SCHÄFER 1999). Exemplarisch sei auf das erste der elf Module des BLK-Programms SINUS – Steigerung der Effizienz des mathematisch- naturwissenschaftlichen Unterrichts – (BLK 1997) hingewiesen, das

den Titel ‚Weiterentwicklung der Aufgabekultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht‘ trägt (siehe Kapitel 2-8, Seite 34).

Diese wachsende Aufmerksamkeit dem Thema Aufgaben gegenüber spiegelt sich auch in zahlreichen diesbezüglichen Veröffentlichungen seit 2001 wider:

- Die Zeitschrift ‚Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht‘ (MNU) veröffentlicht 2001 ein Heft unter den Titel ‚Aufgabekultur‘ (Nr. 7, Vol. 54).
- In der Reihe ‚Naturwissenschaften im Unterricht Physik‘ erscheint im Jahr 2002 ein Heft mit dem Thema ‚Aufgaben‘ (Nr. 1, Vol. 13).
- Das Jahreshaft 2003 des Friedrich Verlags trägt den Titel ‚Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln‘.
- Das Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW veröffentlicht 2001 eine umfangreiche Sammlung fachdidaktischer Artikel und Aufgabenvorschläge zur Steigerung der Qualität des Physikunterrichts (LSW-NRW 2001).
- In der Schriftenreihe ‚Schule in NRW‘ des Ministeriums für Schule, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen erscheint 2001 das Heft ‚Fit in Physik (FiP). Aufgaben im Physikunterricht mit Blick auf die TIMS-Studie (III).‘ (MSWF 2001). Hier wird der Bezug zur TIMS-Studie besonders deutlich:

„Sie [die Schrift; Anmerkung des Autors] widmet sich auch, aber nicht nur der Frage, mit welchen Aufgaben die Qualität des Physikunterrichts gesichert und weiterentwickelt werden kann. [...] Diese Schrift möchte dazu beitragen, sowohl Testaufgaben, wie sie in der TIMS-Studie zu finden sind, zu analysieren und gegebenenfalls für den Physikunterricht fruchtbar zu machen, als auch durch die Vorstellung weiterer und umfangreicher Aufgaben Anregungen zur Entwicklung von Aufgaben zu geben, die gleichermaßen modernen lernpsychologischen wie fachdidaktischen Anforderungen genügen können.“ (MSWF 2001, S. 7)

Welche neue Rolle Aufgaben zukünftig im Physikunterricht spielen sollen und welchen Anforderungen sie gerecht werden müssen, sind Gegenstände der nächsten Abschnitte.

#### 4-4 DIE ROLLE VON AUFGABEN IM NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHT

Aufgaben bestimmen – neben Experimenten – einen wesentlichen Teil des naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 191). Sie können im Physikunterricht in verschiedensten didaktischen Zusammenhängen eingesetzt werden: zur Entwicklung von Inhalten, zur Lösung von Problemen und zum Training von Problemlösestrategien, zur Strukturierung von Unterricht im Sinne naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, zur Anknüpfung an gesellschaftlich relevante Fragen sowie zur Diskussion über physikalische Sachverhalte (FISCHER 2001, S. 42; FISCHER & DRAXLER 2001, S. 388). Durch diese Vielfältigkeit sind Aufgaben in allen Phasen des Unterrichts einsetzbar (vgl. DUIT, FISCHER & MÜLLER 2002, S. 4; LSW-NRW 2001, S. 35):

- beim Anregen der Schülerinnen und Schüler in der *Einstiegsphase*,
- beim Erlernen neuer Begriffe und Prinzipien in der *Erarbeitungsphase*,
- beim Trainieren neuer Fertigkeiten und neuen Wissens in der *Übungsphase*,
- zur Anbindung neuen Wissens an bereits bestehende Kenntnisse in der *Wiederholungsphase*,
- beim Überprüfen des Lernergebnisse in der *Leistungsüberprüfungsphase*.

Die zahlreichen Einsatzmöglichkeiten von Aufgaben fasst der DEUTSCHE VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES MATHEMATISCHEN UND NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHTS (MNU) in seinen Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen und Richtlinien für den Physikunterricht zusammen. Aufgaben sollen

- „vermittelte Lerninhalte festigen,
- Routinen vertiefen helfen,
- Themen und Stoffinhalte untereinander vernetzen, d.h. auch länger zurückliegende Unterrichtsinhalte systematisch einbeziehen,
- abwechslungsreich und lebensweltorientiert sein und aktuelle Bezüge berücksichtigen,
- die Schüler dazu anleiten, Aufgabenergebnisse sinnvoll abzuschätzen,
- eine kritische Auseinandersetzung mit den Ergebnissen anregen. [...]
- Alltagsvorstellungen der Schüler aufgreifen, so dass diese aus physikalischer Sicht hinterfragt werden, [...]

- fachübergreifend und anwendungsbezogen naturwissenschaftliche und technische Bezüge bieten,
- verschiedene Zugangsweisen und Lösungswege ermöglichen,
- Kreativität und Problemlösekompetenz der Schüler ermöglichen,
- Möglichkeiten bieten, numerische Verfahren sinnvoll auszuwählen und einzusetzen,
- auch bei entsprechenden Voraussetzungen gelegentlich in einer Fremdsprache formuliert werden.“ (MNU 2001, S. XII nach DUIT, FISCHER & MÜLLER 2002, S. 5f.)

Aufgaben, wie sie im deutschen Unterricht der Naturwissenschaften eingesetzt werden, nutzten diese Möglichkeiten aber kaum aus (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 191f.). Daher ist zu fordern, Aufgaben für unterschiedliche Anwendungsbereiche des naturwissenschaftlichen Unterrichts weiterzuentwickeln.

#### **4-5 ANFORDERUNGEN AN AUFGABEN: EINE NEUE AUFGABENKULTUR**

Um das Potential von Aufgaben im unterrichtlichen Einsatz tatsächlich ausschöpfen zu können, wurde nach TIMSS immer wieder eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht gefordert. Dabei zeigt sich innerhalb der Fachdidaktik ein weitgehender Konsens, den SCHECKER & KLIEME (2001) zusammenfassen:

Das Verhältnis von „Rechenaufgaben“ und „Denkaufgaben“ im Unterricht ist neu zu bewerten und zu Gunsten der Denkaufgaben zu verschieben. Dies muss sich zusätzlich in der Phase der Leistungsüberprüfung widerspiegeln, um auch tatsächlich das Lernen der Schülerinnen und Schüler zu beeinflussen. Besonders kritisch scheint jedoch die Fixierung deutscher Physikaufgaben auf eine spezielle Lösung und einen einzigen, vorgeschriebenen Lösungsweg. Der Einsatzbereich von Aufgaben im deutschen Physikunterricht ist zudem weitgehend auf die Übungs- und Leistungsüberprüfungsphasen beschränkt und sollte auch auf die bisher vernachlässigte Erarbeitungsphase erweitert werden. Dies fordert aber ein Umdenken beim Umgang mit Fehlern, damit Fehlvorstellungen der Schülerinnen und Schüler auch thematisiert werden können (vgl. SCHECKER & KLIEME 2001, S. 114f.).

Auf diesen Konsens aufbauend werden viele Ansätze diskutiert, Aufgaben neu zu gestalten:

- Aufgaben, die mehr als die notwendigen Angaben enthalten und so beim Lösen die Strategie der ‚Rückwärtssuche‘ verhindern,
- Aufgaben, die mehrere Lösungswege eröffnen, weil mehrere physikalische Prinzipien zur Lösung angewendet werden können,
- Aufgaben, die mehrere Lösungswege eröffnen, weil etwa sowohl rechnerische als auch zeichnerische als auch halbquantitative Lösungen denkbar sind (vgl. SCHECKER 2001b, S. 90f.);
- Aufgaben, die zuerst auf ein qualitatives Verständnis abzielen bevor quantitative Fragestellungen thematisiert werden (vgl. VON AUFSCHNAITER & VON AUFSCHNAITER 2002, S. 411);
- Aufgaben, die lebensweltliche oder gesellschaftlich relevante Bezüge herstellen und an die alltäglichen Erfahrungen der Schülerinnen und Schüler anknüpfen,
- Aufgaben, die fachübergreifende Inhalte ansprechen (vgl. MSWF 2001, S.10f.).

Alle diese Aufgabentypen zeichnen sich durch eine größere Offenheit<sup>6</sup> aus, d.h. sie räumen dem Lernenden einige Freiheiten bei der Art der Aufgabenbearbeitung ein (vgl. SCHECKER 2001b, S.91). Ein wesentlicher Vorteil solcher offenen Aufgaben besteht darin, dass sie verschiedene – auch qualitativ unterschiedliche – Lösungswege ermöglichen und sinnvolle Teillösungen denkbar sind. Damit wird Schülerinnen und Schülern eher ein positives Kompetenzerleben ermöglicht als dies bei Aufgaben möglich wäre, die nur einen einzigen Lösungsweg zulassen.

#### 4-6 ANALYSE VON AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT

Schon auf Grundlage der TIMSS-Befunde ist kaum zu Erwarten, dass Aufgaben, wie sie in Aufgabensammlungen und Lehrbüchern zu finden sind, den in den beiden vorherigen Abschnitten formulierten Ansprüchen genügen. Dies lässt sich auch durch Analysen der entsprechenden Materialien bestätigen.

---

<sup>6</sup> Der Begriff „Offenheit“ ist in der Literatur zu Aufgaben doppelt belegt. Es ist zu unterscheiden zwischen „offenen Aufgaben(typen)“ (im hier dargestellten Sinne) und „Aufgaben mit offenem Antwortformat“ (insbesondere in Abgrenzung zu Aufgaben mit Auswahlantworten, siehe auch Kapitel 4-9, Seite 68).

In Aufgabensammlungen finden sich zumeist Aufgabenstellungen, die eindeutige Lösungen und Lösungswege erfordern; eher selten werden Aufgabensammlungen auf eine theoretische Basis gestellt, etwa Sachanalysen oder kognitive Anforderungsanalysen (vgl. KÖRNDLE, NARCISS & SCHÄFER 1999). Vielmehr sind sie allein nach fachlichen Gesichtspunkten geordnet und ihre Auswahl wird – wenn überhaupt – höchstens intuitiv begründet. Auch die Schwierigkeit von Aufgaben wird entweder nur intuitiv begründet oder auf die Schwierigkeit der notwendigen mathematischen Operationen reduziert (vgl. FISCHER & DRAXLER 2001).

Betrachtet man Lehrbücher unterschiedlicher Verlage für die Physik der Sekundarstufe I, so zeigt sich über die Stoffgebiete hinweg, dass darin Aufgaben zu Routineverfahren dominieren und kaum Aufgaben vorkommen, die Alltagsfragen aufgreifen oder Problemlösen fordern. Aufgaben, die definiert verschiedene Lösungswege zulassen, fehlen völlig. Es ist daher anzunehmen, dass sich dieses einseitige Angebot von Aufgaben in Lehrbüchern auch im Physikunterricht wieder findet (vgl. DUIT, FISCHER & MÜLLER 2002, S. 4)

Obwohl Aufgaben im deutschen Unterricht eine bedeutende Stellung haben, wurden bisher kaum Anstrengungen unternommen, die Qualität und Lernwirksamkeit von Aufgaben näher zu beleuchten. Es ist sogar davon auszugehen, dass viele der eingesetzten Aufgaben gänzlich ungeeignet sind (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 191; FISCHER & SUMFLETH 2002, S. 5). Um der Stellung von Aufgaben im Unterricht gerecht zu werden, müsste es aber möglich sein, Aufgaben zu analysieren und ihre Qualität zu bewerten, um so Einsatzmöglichkeiten von Aufgaben genauer einschätzen zu können. Eine solche Analyse ist nicht nur im Hinblick auf die Aufgaben selbst notwendig, sondern besonders im Hinblick auf ihre zielgerichtete Einbettung in den Unterricht unabdingbar:

„Es geht aber nicht allein um neue und vielfältige Aufgaben, sondern auch um vielfältige Einsatzmöglichkeiten von neuen wie von bekannten Aufgaben. Die beste Aufgabe nützt nichts, wenn sie nicht angemessen in den Unterricht eingebettet wird. In anderen Worten: Aufgaben müssen nicht nur gut sein, sie müssen auch gut „orchestriert“ werden.“ (DUIT, FISCHER & MÜLLER 2002, S. 4)

Zur Charakterisierung und Analyse von Aufgaben sind in der jüngsten Vergangenheit viele Vorschläge gemacht worden, deren Tauglichkeit jedoch noch nicht eingeschätzt werden kann (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 192). Die Frage nach der Analyse von Physikaufgaben soll in den Kapiteln 4-9 bis 4-12 (ab Seite 66) ausführlich diskutiert werden. Zuvor soll die Konstruktion von Physikaufgaben näher beleuchtet werden.

#### 4-7 AUFGABENKONSTRUKTION: DISKUSSIONSBEITRÄGE

Ein erheblicher Teil der Veröffentlichungen zum Thema Aufgaben beschäftigt sich mit Ansätzen zu ihrer Konstruktion. Einige dieser Ansätze werden im Folgenden skizziert, bevor im nächsten Kapitel eine auf die Theorie der Basismodelle gegründete Konstruktion von Physikaufgaben vorgestellt wird.

MÜLLER & MÜLLER (2002) gehen aus vom Physik-Rahmenplan für die Sekundarstufe I in Brandenburg, in dem Aufgaben vier Funktionen zugeschrieben werden:

- „Überwinden von alltagsgebundenen Fehlvorstellungen bzw. Erfahrungen,
- Festigen und Vernetzen von Lerninhalten aus zurückliegendem Unterricht und von aktuellen Lerninhalten,
- Aufbau von Routinen,
- Entwickeln von Kreativität und Problemlösefähigkeit.“

(MÜLLER & MÜLLER 2002, S. 31)

Als Antwort auf diese vier Funktionen werden vier Aufgabentypen postuliert:

1. „Aufgaben, die alltagsgebundene Fehlvorstellung bzw. Erfahrungen thematisieren und überwinden helfen [...]
2. Aufgaben, die dem Aufbau von Routinen dienen [...]
3. Aufgaben zum Festigen und Vernetzen von Lerninhalten [...]
4. Problemorientierte Aufgaben mit verschiedenen Lösungswegen und Aufgaben, die eine motivierende Einbettung in den Unterricht ermöglichen“ (ebd.)

Für jeden dieser vier Aufgabentypen wird erläutert, welche Merkmale ihn ausmachen und zur Entwicklung welcher Kompetenzen er beiträgt. Diese Eigenschaften der Aufgabentypen erscheinen aber rein intuitiv und ohne erkennbaren theoretischen oder empirischen Hintergrund entwickelt. Auch bleibt die Unterscheidung der vier Typen von Physikaufgaben ohne Begründung: Es bleibt insbesondere unklar, warum für Aufgaben, die verschiedene Lösungswege zulassen oder motivierend in den Unterricht eingebettet werden können, ein spezieller Aufgabentyp benannt werden sollte. Den Forderungen nach einer neuen Aufgabenkultur entsprechend wären diese Attribute für möglichst alle im Physikunterricht eingesetzten Aufgaben anzustreben. Insgesamt ist dieser Konstruktionsansatz kritisch zu beurteilen: Die Forderungen



eines Physik-Rahmenplans an Aufgaben sind als Grundlage eines umfassenden Vorschlags zur Konstruktion von Physikaufgaben unzureichend.

Ausgangspunkt des Ansatzes von GRÖGER, SCHMITZ & HOFHEINZ (2002) ist die Einführung des Seminarfaches an Gymnasien in Thüringen<sup>7</sup>. Im Rahmen einer Begleitstudie waren Aufgaben zu entwickeln, die Auskunft über die fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Kompetenzen der Abiturienten geben können. Als Grundlage dafür wurde das in der PISA-Studie übliche Aufgabenformat gewählt, bestehend aus „einem authentischen Text zu einem Problem aus dem Alltag mit Fragen, die auf naturwissenschaftliche Basiskompetenzen zielen“ (ebd., S. 21). Es erscheint jedoch fraglich, ob eine an oberflächlichen Aufgabenmerkmalen orientierte Konstruktion von Aufgaben für den Physikunterricht insgesamt tragfähig ist. Die Orientierung an naturwissenschaftlichen Kompetenzen im Sinne von PISA ist dagegen sinnvoll und wird in dieser Arbeit im Rahmen der Aufgabenanalyse aufgegriffen (siehe Kapitel 4-11, Seite 78).

Ein aus dem japanischen Mathematikunterricht stammender Ansatz zur Aufgabenkonstruktion ist der ‚open-ended approach‘ (BECKER & SHIMADA 1997). Im Gegensatz zu herkömmlichen Aufgaben, die nur eine Lösung vorsehen, werden Aufgaben gefordert, die mehrere Lösungsmöglichkeiten zulassen und mehr Wert auf den Lösungsweg als auf die konkrete Antwort legen (vgl. BECKER & SHIMADA 1997, S. 1). Vorhandene herkömmliche Aufgaben werden dabei nach einem einfachen Prinzip weiterentwickelt:

„Formuliere bekannte Aufgaben so um, daß sie explorativ oder für vielfältige Lösungen zugänglich werden.“ (NEUBRAND 1998, S. 485)

So entstehen inhaltlich erweiterbare Aufgaben, die vielfältige Lösungsmöglichkeiten und sinnvolle Teillösungen zulassen. Dadurch werden Binnendifferenzierung und inhaltliche Diskussionen gefördert. Solche Aufgaben sind besonders für Einführungs- und Zusammenfassungsphasen geeignet. Der open-ended approach stellt einen sinnvollen und praktikablen Ansatz dar, der sowohl für die Fachdidaktik als auch für

---

<sup>7</sup> Zusätzlich zu den Grund- und Leistungskursen gibt es in der thüringischen Oberstufe das fächerübergreifende Seminarfach. „Ziel aller Bemühungen im Seminarfach ist es, die Schüler vertiefend zu selbständigem Lernen und wissenschaftspropädeutischem Arbeiten zu führen, bei ihnen problembezogenes Denken zu initiieren und zu schulen sowie mit ihnen Sozialformen des Lernens zu trainieren, die sowohl Selbständigkeit als auch Kommunikations- und Teamfähigkeit verlangen und die Schüler veranlassen, über ihre Stellung in der Arbeitsgruppe zu reflektieren. Das Seminarfach orientiert auf die Schulung aller Kompetenzen. Zu erzielende Methoden- und Sachkompetenz ist immer eingebunden in übergeordnete Themen, Sachverhalte, Abläufe und Probleme. Der Unterricht und alle ergänzenden Arbeitsformen sind stets aufgabenfeldübergreifend anzulegen.“ (ThILLM 1999, S. 7)

den Schulbetrieb brauchbar erscheint. Wünschenswert wäre allerdings eine zusätzliche theoretische Fundierung, die auch lernpsychologische Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass sich kaum theoretisch begründete Ansätze für die Konstruktion von Physikaufgaben finden lassen, insbesondere nicht im Hinblick auf komplexere, offene Aufgabenstellungen (vgl. KÖRNDLE, NARCISS & SCHÄFER 1999). Daher soll im folgenden Abschnitt ein mögliches Konstruktionsverfahren für Physikaufgaben aufgezeigt werden, das sich auf die Theorie der Basismodelle (siehe Kapitel 3, Seite 37) stützt.

#### **4-8 AUFGABENKONSTRUKTION AUF GRUNDLAGE DER THEORIE DER BASISMODELLE**

Als theoretische Grundlage für die Konstruktion von Physikaufgaben wird die Theorie der Basismodelle gewählt. Die Theorie selbst und ihre Anwendung auf die Unterrichtsplanung wurde bereits in Kapitel 3-4 (siehe Seite 41) vorgestellt. Ihre Anwendung auf die Aufgabenkonstruktion ermöglicht die theoriegeleitete Konstruktion von Physikaufgaben unter Berücksichtigung der Lernprozesse von Schülerinnen und Schülern. Die Verwendung einer einzigen Theorie sowohl für die Gestaltung von Unterricht als auch für die Konstruktion von Aufgaben erlaubt zudem eine gezielte Integration von Aufgaben in den Unterrichtsverlauf.

Die basismodellorientierte Konstruktion von Aufgaben soll sich an der Unterrichtsplanung im Sinne der Basismodelle orientieren. Im Gegensatz zur Unterrichtsplanung muss bei der Konstruktion von Physikaufgaben im Sinne der Basismodelltheorie allerdings zusätzlich berücksichtigt werden, dass Aufgaben nur einen Teil des gesamten Unterrichts ausmachen und daher im Allgemeinen auch nicht alle Handlungskettenelemente eines Basismodells umfassen können und sollen.

In Anlehnung an die Schrittfolge zur Planung basismodellorientierten Unterrichts (vgl. REYER 2003, S. 27), sollten basismodellorientierte Physikaufgaben wie folgt konstruiert werden:

1. Vorausgegangen sein sollte die Entscheidung über den intendierten Lehrzieltyp für den Unterrichtsabschnitt, in dem die Aufgabe eingesetzt

werden soll. Nur im Fall von Aufgaben, die die komplette Handlungskette eines Basismodells umfassen, soll dies erst jetzt nach Bestimmung der Lehrinhalte und Besinnung auf die Lerngruppe geschehen.

2. Dem gewählten Lehrzieltyp ist eindeutig das entsprechende Basismodell und die zugehörige Handlungskette zugeordnet.
3. Es ist zu entscheiden, welche Teile der Handlungskettenelemente die zu konstruierende Aufgabe umfassen soll.
4. Besondere Aufmerksamkeit ist den Schnittstellen der Aufgaben, also den Übergängen zwischen der Aufgabe und dem restlichen basismodellorientierten Unterricht, zu widmen: Mit welchen Voraussetzungen werden die Schülerinnen und Schüler die Aufgabe beginnen und wie schließt der Unterricht sinnvoll an die Aufgabe an.
5. Auf Grundlage der vorangegangenen Entscheidungen ist nun im letzten Schritt die basismodellorientierte Aufgabe selbst als Umsetzung der ausgewählten Handlungskettenelemente zu gestalten.

Dieses Vorgehen bei der Konstruktion von Physikaufgaben ist zwar bereits an Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler orientiert, wird aber noch nicht den Forderungen nach einer neuen Aufgabenkultur, nach anspruchsvolleren und komplexeren Aufgaben gerecht (siehe Kapitel 4-5, Seite 59). Dafür sollten Aufgaben möglichst viele Handlungskettenelemente einbeziehen. Mit Aufgaben, die nur wenige Handlungskettenelemente oder gar ein einziges Handlungskettenelement umfassen, ist die Gefahr verbunden, gewöhnliche Standardaufgaben auf Grundlage der Basistheorie ungewollt und ungerechtfertigt zu legitimieren.

Zusätzlich können – nach dem Vorbild des Aufgabenformats in der PISA-Studie – mehrere basismodellorientierte Einzelaufgaben zu einem Aufgabenmodul zusammengefasst werden. Dies sollte vorzugsweise durch einen sinnvollen, verbindenden Kontext geschehen. Solche Aufgabenmodule können dann auch Einzelaufgaben enthalten, die sich auf verschiedene Basismodelle beziehen. Diese Kombination verschiedener Basismodelle muss allerdings ebenso begründet geschehen, wie es schon bei der Planung von Unterricht mit Basismodellen gefordert wurde (siehe Kapitel 3-4, Seite 41).

Nach ihrer eigentlichen Konstruktion können basismodellorientierte Physikaufgaben bzw. Physikaufgabenmodule auf zwei Ebenen variiert werden:

- Auf Ebene der fachlichen Schwierigkeiten: Eine Analyse der fachlichen Inhalte (siehe dazu Kapitel 4-12, Seite 93) ermöglicht es, schon im Vorfeld Schwierigkeiten bei der Aufgabenbearbeitung zu antizipieren und darauf abgestimmte inhaltliche Hilfen – eventuell wiederum in Form von Aufgaben – vorzubereiten
- Auf Ebene der Lernwege: Die basismodellorientierten Aufgaben sollen den Schülerinnen und Schülern helfen, ihre Lernprozesse selbstständig im Sinne der Handlungsketten zu strukturieren (siehe Kapitel 3-3, Seite 39); je nach Erfahrung der Schülerinnen und Schüler ist dazu mehr oder weniger Hilfe von außen notwendig; in manchen Fällen (z.B. beim Basismodell „Problemlösen“) kann es auch sinnvoll sein, die Schülerinnen und Schüler explizit mit der Handlungskette vertraut zu machen.

Dadurch soll es möglichst vielen Schülerinnen und Schülern, die in fachlicher Hinsicht oder im Hinblick auf die Strukturierung ihrer eigenen Lernwege unterschiedlich kompetent sind, ermöglicht werden, die Aufgaben zu bearbeiten. Im Hinblick auf die Veränderung bestehender Unterrichtsskripts sollen diese Aufgaben außerdem die Strukturierung von Unterricht im Sinne der Basismodelltheorie fördern. Für konkrete Beispiele für dieses Vorgehen bei der Konstruktion von Physikaufgaben sei auf den empirischen Teil dieser Arbeit verwiesen (siehe Kapitel 5-2, Seite 109); die so entstandenen Aufgaben finden sich im Anhang 4 (siehe Seite 245). Für die noch ausstehende fachliche Analyse von Physikaufgaben wird im Folgenden ein geeignetes Kategoriensystem entwickelt.

#### **4-9 KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN**

In diesem Kapitel wird ein bereits vorhandenes Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben kurz dargestellt (siehe dazu FISCHER & DRAXLER 2001). Es fasst verschiedene Anforderungen an Aufgaben aus der Literatur zusammen und erlaubt eine theoretische Analyse von Aufgaben zum gezielten Unterrichtseinsatz (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 193). Für eine ausführlichere Darstellung dieses Kategoriensystems sei auf FISCHER & DRAXLER (2001) verwiesen. Bei FISCHER &

DRAXLER (2002) findet sich zusätzlich ein ausführliches Beispiel für die Analyse einer Physikaufgabe, die verschiedene Lösungswege zulässt. Die eigentliche Entwicklung des Kategoriensystems wird bei DRAXLER (2000) dargestellt und begründet.

### *Inhaltliche und curriculare Einordnung*

Aufgaben lassen sich inhaltlich verschiedenen physikalischen Teilgebieten zuordnen (KLIEME 2000, S. 58), wenn diese Zuordnung auch nicht eindeutig sein muss. Die curriculare Einordnung soll anhand der in den Richtlinien und Lehrplänen vorhandenen Aufteilung nach Sachgebieten und -themen stattfinden und stellt eine detaillierte inhaltliche Einschätzung dar.

Neben diesen Charakterisierungen nach inhaltlichen und curricularen Gesichtspunkten ist der Realitätsbezug des Aufgabeninhaltes einzuschätzen, insbesondere in wie weit die alltagsweltlichen Aspekte einer Aufgabe geeignet sind, das Interesse der Schülerinnen und Schüler zu wecken.

### *Lösungswege*

Zur Charakterisierung der Lösungswege werden vier Kategorien unterschieden:

1. *Experimentelle Lösungen* erfordern die Durchführung eines Experiments sowie die Datengewinnung und die aktive Auseinandersetzung mit den Ergebnissen und den gewählten experimentellen Methoden.  
*Beispiel: Zur Abhängigkeit der Kapazität eines Plattenkondensators vom Abstand der Kondensatorplatten wird ein Experiment durchgeführt und ausgewertet.*
2. Eine *halbquantitative Lösung* besteht in der Interpretation graphischer Darstellungen und Wertetabellen, die möglicherweise zuvor noch von den Schülerinnen und Schülern selbst anhand gegebener Werte erstellt werden.  
*Beispiel: Aus dem Weg-Zeit-Diagramm einer Bewegung wird der Verlauf des Geschwindigkeits-Zeit-Diagramms erschlossen.*
3. Wird eine Aufgabe mit vorhandenen Daten, physikalischen Gesetzen und mathematischen Methoden gelöst, so ist von einer *rechnerischen Lösung* auszugehen.

*Beispiel: Der Bremsweg eines Autos wird aus vorgegebenen Daten (Geschwindigkeit und Bremsverzögerung) berechnet.*

4. Unter einer *theoretischen Lösung* wird die Anwendung physikalischer Konzepte und Abschätzungen zur Lösung einer Aufgabe verstanden, wobei – in Abgrenzung zur rechnerischen Lösung – das Verständnis für physikalische Gesetze wichtiger ist als deren rechnerische Behandlung.

*Beispiel: Der mögliche Einfluss eines Schmelzens des Nordpols auf den Meeresspiegel wird – ohne konkrete Rechnung – aus dem Archimedischen Prinzip abgeleitet.*

Allgemein kann nicht von einer eindeutigen Zuordnung zu den einzelnen Kategorien ausgegangen werden, diese sollte daher nach dem Schwerpunkt der jeweiligen Lösung erfolgen. Da es außerdem wünschenswert ist, dass Aufgaben unterschiedliche Lösungswege ermöglichen, sind die Charakterisierung der Lösung und alle folgenden Einschätzungen bei der Analyse von Physikaufgaben nicht auf die Aufgabe allgemein, sondern auf die einzelnen möglichen Lösungswege zu beziehen.

#### *Antwortformat, Offenheit und Experimentierverhalten*

Das Antwortformat wird, in Anlehnung an die TIMS-Studie, dreistufig kodiert (vgl. KLIEME 2000, S. 83):

1. *MC-Aufgaben (Multiple Choice)*: Vorgabe möglicher Antworten durch die Aufgabe, Auswahl einer oder mehrerer Antworten
2. *Kurzantwort-Aufgaben*: selbst zu formulierende Antworten in Form von einzelnen Stichworten, kurzen Sätzen, Zahlen oder kurzen Rechnungen
3. *Aufgaben mit erweitertem Antwortformat*: selbst zu formulierende Antworten in Form von ausführlichen Rechnungen, Beweisen, Beschreibung und/oder Durchführung von Experimenten, Skizzen, Diagrammen und Aufsätzen

Zur Charakterisierung der Offenheit einer Aufgabe werden ebenfalls drei Stufen formuliert. Die Einordnung geschieht dabei allerdings in zwei Schritten. Zunächst ist die Aufgabenstellung daraufhin zu prüfen, ob sie Lösungsmöglichkeiten ermöglicht, einschränkt oder vorgibt:

- *Stufe 1*: Die Aufgabe lässt mehrere Lösungswege zu und schreibt weder direkt noch indirekt einen bestimmten Weg vor.

- *Stufe 2:* Die Aufgabe lässt mehrere Lösungsmöglichkeiten zu und thematisiert einige Alternativen.
- *Stufe 3:* Der Lösungsweg ist durch die Aufgabe vorgegeben.

Wird im ersten Schritt die Stufe 2 oder 3 kategorisiert, so ist in einem zweiten Schritt zu unterscheiden, wie detailliert der vorgegebene Lösungsweg (Stufe 3) bzw. die vorgeschlagenen Lösungswege (Stufe 2) beschrieben werden:

- *Vorgabe A:* Der Lösungsweg ist nur grob vorgezeichnet, zum Beispiel durch Handlungsanweisungen („berechne“, „messe“, etc.).
- *Vorgabe B:* Die Angabe des Lösungsweges enthält grundsätzliche Vorschläge oder Vorgaben zur Methode, eventuell durch Nennung der zu verwendenden Geräte oder physikalischen Gesetze.
- *Vorgabe C:* Der Lösungsweg ist detailliert beschrieben, etwa in Form von Experimentieranleitungen.

Eine besondere Schwierigkeit ist mit experimentellen Lösungen verbunden: Einerseits sind offene Experimentieraufgaben für Schülerinnen und Schüler besonders schwierig, andererseits führen zu genaue Anweisungen zu undifferenziertem Arbeiten und erzeugen nur geringe Lerneffekte (vgl. HUCKE 2000, S. 87f., 116ff.). Um dies bewusst bei der Analyse von Physikaufgaben zu berücksichtigen, sollen die bei experimentellen Lösungen geforderten Kompetenzen genauer geschrieben werden. Dazu werden drei verschiedene Arten des verlangten Experimentierverhaltens unterschieden (vgl. HORSTENDAHL 1999, S. 159f.):

- *Imitatorisches Experimentieren:* Abarbeiten einer Versuchsanleitung durch Zusammentragen der angegebenen Geräte, Aufbau entsprechend der Anweisungen und Durchführung der geforderten Messungen.
- *Organisierendes Experimentieren:* Selbstständiges Zusammenfügen der zur Verfügung stehenden Geräte zu einem Versuchsaufbau, Durchführung der Messungen.
- *Konzeptuelles Experimentieren:* Diskutieren der für das Experiment relevanten Messgrößen, Erarbeiten von Hypothesen, Konstruieren eines Versuchsaufbaus und Durchführung von Messungen.

### *Kompetenzstufen*

Die Kompetenzstufen sollen in einem hierarchischen System beschreiben, über welche Kompetenzen Schülerinnen und Schüler für die erfolgreiche Bearbeitung einer Aufgabe verfügen müssen oder – je nach Funktion einer Aufgabe im Unterricht – zum Erlernen welcher Kompetenzen Aufgaben beitragen sollen. Gleichzeitig soll die Zuordnung zu einer bestimmten Kompetenzstufe auch einen Hinweis auf die Aufgabenschwierigkeit geben.

Aus vier verschiedenen Kompetenzstufenmodellen, die aus der Analyse der TIMS-Studie hervorgegangen sind, wurde folgendes Kompetenzstufenmodell entwickelt (zur Entwicklung vgl. DRAXLER 2000, S. 37ff.):

#### *Stufe I – Anwenden naturwissenschaftlichen Alltagswissens:*

Eine Aufgabe dieser Kompetenzstufe ist ohne Schulwissen, allein mit Alltagswissen lösbar.

#### *Stufe II – Einfache Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene:*

Es genügt die einfache Erklärung der Phänomene ohne tiefere Einsicht in Gesetze, Konzepte oder Modelle der Naturwissenschaft, fast noch auf einer deskriptiven Ebene.

#### *Stufe III – Anwenden von Gesetzen und Faktenwissen:*

Die Bearbeitung einer Aufgabe erfordert die Kenntnis und Anwendung naturwissenschaftlicher Fakten und Gesetze.

#### *Stufe IV – Anwenden von Konzepten, Verfahren und Modellvorstellungen:*

Soll eine entsprechende Aufgabe erfolgreich bewältigt werden, so ist ein Verständnis für Konzepte, Modelle oder Verfahren notwendig.

#### *Stufe V – Argumentieren und Problemlösen:*

Die Lösung einer Aufgabe fordert vom Schüler oder der Schülerin argumentative und problemlöserische Fähigkeiten im Wissensgebiet.

#### *Stufe VI – Überwinden von Fehlvorstellungen:*

In dieser höchsten Kompetenzstufe sind Aufgaben erst dann lösbar, wenn Schüler oder Schülerinnen bestimmte typische Fehlvorstellungen überwunden haben.

Die Stufen V und VI lassen sich nicht in die Hierarchie der ersten vier Stufen einordnen. Sie sind additiv zu verstehen und berücksichtigen die Forderungen nach Scientific Literacy (Stufe V, siehe Kapitel 1-2, Seite 5) sowie den empirischen



Befund, dass in machen Fällen grundlegende Fehlvorstellungen überwunden sein müssen, um eine Ausgabe lösen zu können (Stufe VI).

### *Anforderungsmerkmale*

Der folgende Katalog von Anforderungsmerkmalen dient als Grundlage einer detaillierten Untersuchung der für die Lösung von Physikaufgaben nötigen Fähigkeiten. Er stellt eine Erweiterung des zur Charakterisierung von TIMSS-Aufgaben verwendeten Katalogs dar (zu diesem Katalog siehe KLIEME 2000, S. 72ff.). Jedem Anforderungsmerkmal wird dabei auf einer dreistufigen Skala ein Wert zugeordnet:

- 0 - Anforderungsmerkmal ist für diesen Lösungsweg nicht von Bedeutung
- 1 - Anforderungsmerkmal spielt bei diesem Lösungsweg eine Rolle
- 2 - Lösungsweg ist ohne dieses Anforderungsmerkmal nicht möglich

Mögliche abweichende Bewertungen der Skalenstufen bei einzelnen Kategorien werden in der folgenden Aufstellung der Anforderungsmerkmale separat erwähnt:

1. *Kenntnis von Definitionen und Gesetzen* (Formel-, Begriffs- und Definitionswissen)
2. *Qualitatives Begriffsverständnis* (Verständnis für physikalische Begriffe über reine Definitionen hinaus)
3. *Rechenfertigkeiten* (Umgang mit Zahlen, Funktionen, Kalkülen und Termen)
4. *Interpretation von Diagrammen* (Deutung von Darstellungen in Koordinatensystemen und anderen Diagrammtypen)
5. *Textverständnis* (Fähigkeiten im Umgang mit Texten, insbesondere, wenn diese länger sind oder komplizierte und ungewöhnliche Inhalte und Formulierungen enthalten)
6. *Visuelles Vorstellungsvermögen* (bildliches und räumliches Vorstellungsvermögen)
7. *Fähigkeiten des Problemlösens* (Lösungswege selbstständig entwickeln)
8. *Verständnis formalisierter Gesetze* (Interpretation physikalischer Gleichungen)
9. *Verständnis für funktionale Zusammenhänge* (ähnlich dem vorangegangenen Merkmal, allerdings rein mathematisch)
10. *Verständnis für Alltagssituationen* (Notwendigkeit der Kenntnis spezieller Alltagssituationen)

11. *Verständnis für experimentelle Situationen* (Interpretation, Konstruktion, Beschreibung oder Durchführung eines Experiments, Umgang mit Geräten und Messinstrumenten)
12. *Verständnis für symbolische Zeichnungen* (Wissen um Skizzen, Zeichnungen oder Schaubilder, die spezifisch naturwissenschaftliche Bedeutungen tragen, zum Beispiel Kraftvektoren, Schaltzeichnungen oder Abbildungen experimenteller Aufbauten)
13. *Überwindung von Fehlvorstellungen* (0: Aufgabe thematisiert keine typischen Fehlvorstellungen; 1: ohne Überwindung von Fehlvorstellungen lösbar, aber geeignet, bestimmte Fehlvorstellungen zu thematisieren und zu deren Modifizierung beizutragen; 2: Aufgabe ohne Überwindung von Fehlvorstellungen nicht lösbar)
14. *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* (Bedeutsamkeit naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen für den Lösungsprozess)
15. *Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte* (Relevanz älterer Inhalte, die nicht unmittelbar mit dem gegenwärtigen Unterrichtsthema zu tun haben)
16. *Fähigkeit zur Kooperation* (Gruppenarbeit organisieren und zu einem Ziel führen)

Es sei an dieser Stelle daran erinnert, bei der Bewertung von Physikaufgaben die einzelnen Lösungsmöglichkeiten getrennt zu betrachten. Auch hier ist davon auszugehen, dass unterschiedliche Lösungswege zu unterschiedlichen Profilen von Anforderungsmerkmalen führen.

### *Unterrichtsphasen*

Es wurde bereits thematisiert, dass Aufgaben im Physikunterricht in verschiedensten Phasen eingesetzt werden (siehe Kapitel 4-4, Seite 58). Im Folgenden werden drei Unterrichtsphasen mit ihren unterschiedlichen Anforderungen an Aufgaben unterschieden (vgl. HÄUßLER & LIND 1998, S. 6f.):

1. *Erarbeitungsphase*: In dieser Phase des Unterrichts sollen Aufgaben die Lernenden beim Verstehen neuer Begriffe, Gesetze und Konzepte unterstützen. Zudem sollen durch die Aufgaben Rückmeldungen über Verständnisschwierigkeiten gegeben werden.

2. *Übungsphase:* Ziel dieser Phase ist es insbesondere, die Transferfähigkeit und die Motivation zu fördern. Dazu sind Aufgaben zu formulieren, die unterschiedliche Lösungswege erlauben und in denen die erarbeiteten Kenntnisse auf verschiedene, die außerschulische Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler ansprechende Kontexte angewendet werden.
3. *Leistungsmessungsphase:* Der Lernerfolg hängt u.a. von der Prüfungskultur in einer Klasse ab. Es ist deshalb besonders darauf zu achten, dass die während der zuvor stattgefundenen Phasen verfolgten Lehrziele auch von den Leistungsmessungsaufgaben erfasst werden.

#### *Datenblatt für Physikaufgaben*

Die vorgestellten Kategorien zur Analyse von Physikaufgaben lassen sich übersichtlich in einem „Datenblatt“ für Physikaufgaben zusammenstellen. Dieses befindet sich im Anhang der Arbeit (siehe Anhang 2, Seite 238).

Zum Zeitpunkt der Entstehung des Kategoriensystems zur Analyse von Physikaufgaben (Anfang 2000) waren die Ergebnisse einiger zentraler Analysen zu den Aufgaben der TIMS-Studie noch nicht abgeschlossen (insbesondere KLIEME 2000), die PISA-Studie stand kurz vor der Durchführung des ersten Zyklusses. Das Kategoriensystem war daher schon von Beginn an als Ausgangspunkt für Weiterentwicklungen unter Berücksichtigung neuerer Erkenntnisse und Entwicklungen geplant. Im Folgenden werden deshalb Erkenntnisse aus TIMSS und PISA, die bei der Entwicklung des Kategoriensystems noch nicht berücksichtigt werden konnten, zusammengefasst, um auf dieser Grundlage ein weiterentwickeltes Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben vorzuschlagen.

#### **4-10 NEUERE ERKENNTNISSE AUS DER TIMS-STUDIE**

Ein Großteil des Kategoriensystems zur Bewertung von Physikaufgaben beruht auf Analysen der TIMSS-Aufgaben. Zu den Anforderungsmerkmalen und den in TIMSS verwendeten Kompetenzstufenmodellen liegen neue Analysen vor, die im Folgenden gewürdigt werden sollen.

### *Zuverlässigkeit von Experteneinschätzungen der Anforderungsmerkmale*

Die verwendeten Anforderungsmerkmale stellen eine Erweiterung der zur Charakterisierung von TIMSS-Aufgaben verwendeten Anforderungsmerkmale (KLIEME 2000, S. 72ff.) dar. Tabelle 2 zeigt eine Gegenüberstellung der verwendeten und der ursprünglichen Anforderungsmerkmale. Zusätzlich ist in der dritten Spalte der Generalisierbarkeitskoeffizient der Merkmale angegeben. Er beruht auf einer Einschätzung von TIMSS-Aufgaben durch neun Physikexperten und bezeichnet die Zuverlässigkeit der Einschätzungen durch die Experten. Dabei gelten Werte ab .70 als zufrieden stellend, ein schwächeres Kriterium akzeptiert Werte über .40 (vgl. KLIEME 2000, S. 77f.).

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Anforderungsmerkmale im Kategoriensystem und bei KLIEME 2000, Generalisierbarkeit der Anforderungsmerkmale

Anforderungsmerkmale im Kategoriensystem		Anforderungsmerkmale nach KLIEME (2000)		Generalisier- barkeits- koeffizient
1.	Kenntnis von Definitionen und Gesetzen	G1	Kenntnisse von Definitionen, phys. Gesetzen	.21
2.	Qualitatives Begriffsverständnis	G2	Qualitatives Verständnis physikalischer Begriffe	.16
3.	Rechenfertigkeiten	G3	Rechnen	.76
		G4	Operieren mit mathematischen Termen & Kalkülen	.58
4.	Interpretation von Diagrammen	G5	Interpretation von Diagrammen	.85
5.	Textverständnis	G6	Textverständnis	.30
6.	Visuelles Vorstellungsvermögen	G7	Bildliches Vorstellen	.33
7.	Fähigkeiten des Problemlösens	G8	Problemlöseprozesse	.34
8.	Verständnis formalisierter Gesetze	P1	Verständnis formalisierter Gesetze	.50
9.	Verständnis für funktionale Zusammenhänge	P2	Verständnis für funktionale Zusammenhänge	.28
10.	Verständnis für Alltagssituationen	P3	Verständnis für Alltagssituationen	.44
11.	Verständnis für experimentelle Situationen	P4	Verständnis für experimentelle Situationen	.35
12.	Verständnis für symbolische Zeichnungen	P5	Verständnis für symbolische Zeichnungen	.37
13.	Überwindung von Fehlvorstellungen	P6	Überwindung von Fehlvorstellungen	.39
14.	Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen	–	–	–
15.	Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte	–	–	–
16.	Fähigkeit zur Kooperation	–	–	–

nach KLIEME 2000, S. 79

Die Tabelle zeigt, dass lediglich die Merkmale „Rechnen“ (G3) und „Interpretation von Diagrammen“ (G5) dem strengen Kriterium genügen. Selbst das schwächere

Kriterium wird nur von drei weiteren der verbleibenden 12 Merkmale erfüllt (Operieren mit Termen (G4), Formalisierte Gesetze (P1), Alltagssituationen (P3)). Insgesamt schließt KLIEME, dass oberflächlich an der Aufgabe ablesbare Merkmale – fordert die Aufgabe z.B. den Umgang mit Diagrammen (G5) oder mit Alltagssituationen (P3)? – zuverlässig beurteilt werden. Für Merkmale, die sich auf den Prozess der Aufgabenbearbeitung beziehen, – sind etwa qualitatives Begriffsverständnis (G2) oder Problemlösen (G8) notwendig? – ist dies nicht der Fall (vgl. KLIEME 2000, S. 78).

Im Unterschied zu dieser Untersuchung, in der Experten die Aufgabenstellungen bewerten mussten, sind die Einschätzungen im Kategoriensystem stets auf bestimmte Lösungswege bezogen. Diese zusätzlichen Hinweise könnten die Zuverlässigkeit von Experteneinschätzungen der Anforderungsmerkmale möglicherweise verbessern. In jedem Fall kann jedoch davon ausgegangen werden, dass diese Einschätzungen mindestens ebenso zuverlässig möglich sind wie in der von KLIEME (2000) beschriebenen Expertenbefragung, deren Ergebnisse jedoch insgesamt wenig zufrieden stellend sind.

#### *Anforderungsmerkmale und Aufgabenschwierigkeit*

Einen Hinweis, wie sich einzelne Anforderungsmerkmale auf die Schwierigkeit von Aufgaben auswirken, erhält man durch die Korrelation der Expertenurteile zu den Anforderungsmerkmalen mit den bei TIMSS berechneten Itemschwierigkeiten (vgl. KLIEME 2000, S. 81). Die Ergebnisse sind der Tabelle 3 (siehe Seite 76) zu entnehmen. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass die Experteneinschätzung auf einer vierstufigen Skala beruht, während im Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben nur eine dreistufige Skala verwendet wurde.

Signifikante Korrelationen, jeweils positiv, ergeben sich also beim bildlichen Vorstellen (G7 bzw. Nr. 6 im Kategoriensystem) und beim Problemlösen (G8 bzw. Nr. 7). Aufgrund der unterschiedlichen mittleren Experteneinschätzungen reichen diese Korrelationen jedoch nicht aus, um zu klären, welche Anforderungsmerkmale zur Schwierigkeit der Aufgaben beitragen. Dazu wurde eine multiple lineare Regression gerechnet (ebd., S. 82ff.), bei der neben den Experteneinschätzungen der Anforderungsmerkmale auch die Offenheit der Aufgabenstellung einbezogen wurde (Multiple Choice oder Kurzantwort bzw. erweitertes Aufgabenformat). Nach einer

schrittweisen Reduktion der Variablen erweisen sich folgende Variablen (in dieser Reihenfolge) als schwierigkeitsgenerierend und erklären zusammen 40 Prozent der Varianz (ebd., S. 83):

1. Offenheit der Aufgabenstellung (Multiple Choice vs. Kurzantwort/erweitertes Aufgabenformat)
2. Verständnis für funktionale Zusammenhänge (Anforderungsmerkmal P2)
3. Überwinden von Fehlvorstellungen (Anforderungsmerkmal P6)
4. Kenntnis von Definitionen und Gesetzen (Anforderungsmerkmal G1)

Diese Erkenntnisse über den Einfluss einiger Anforderungsmerkmale sowie der Offenheit der Aufgabenstellung auf die Aufgabenschwierigkeit sollten in jedem Fall Eingang in ein überarbeitetes Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben finden.

Tabelle 3: Korrelation zwischen Experteneinschätzungen der Anforderungsmerkmale und der Itemschwierigkeit

Anforderungsmerkmale nach KLIEME (2000)		Mittlere Experteneinschätzung <sup>1</sup>	Korrelation mit der Itemschwierigkeit <sup>2</sup>
G1	Kenntnisse von Definitionen, physikalischen Gesetzen	2,0	.03
G2	Qualitatives Verständnis physikalischer Begriffe	1,8	.08
G3	Rechnen	0,7	-.05
G4	Operieren mit mathematischen Termen und Kalkülen	0,7	.07
G5	Interpretation von Diagrammen	0,5	.05
G6	Textverständnis	0,7	.03
G7	Bildliches Vorstellen	1,1	.32**
G8	Problemlöseprozesse	1,1	.22**
P1	Verständnis formalisierter Gesetze	1,0	-.01
P2	Verständnis für funktionale Zusammenhänge	1,3	.20
P3	Verständnis für Alltagssituationen	0,5	.11
P4	Verständnis für experimentelle Situationen	1,2	.18
P5	Verständnis für symbolische Zeichnungen	0,6	.06
P6	Überwindung von Fehlvorstellungen	0,7	.15

<sup>1</sup>Abstufungen 0=ohne Bedeutung, 1=spielt bei der Lösung eine Rolle, 2=hohe Bedeutung, 3=entscheidend für Erfolg oder Misserfolg

<sup>2</sup>\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

nach KLIEME 2000, S. 81

### *Zuverlässigkeit von Experteneinschätzungen der Kompetenzstufen*

Das im Kategoriensystem verwendete Kompetenzstufenmodell entspricht keinem der bei TIMSS verwendeten Modelle, sondern ist als Synthese aus vier verschiedenen Modellen hervorgegangen (siehe Kapitel 4-9, Seite 70). Dennoch ist es mit dem TIMSS Kompetenzstufenmodell für den voruniversitären Physikunterricht

vergleichbar Die Ähnlichkeit beider Modelle wird in folgender Gegenüberstellung offenbar:

<b>Kompetenzstufenmodell des Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben</b>		<b>TIMSS Kompetenzstufenmodell für den voruniversitären Physikunterricht</b>	
Stufe I:	Anwenden naturwissenschaftlichen Alltagswissens	Stufe I:	Lösung von Routineaufgaben mit Mittelstufenwissen
Stufe II:	Einfache <i>Erklärung physikalischer Phänomene</i>	Stufe II:	Anwendung von Faktenwissen zur <i>Erklärung einfacher Phänomene</i> der Oberstufenphysik
Stufe III:	<i>Anwenden von Gesetzen und Faktenwissen</i>	Stufe III:	<i>Anwendung physikalischer Gesetze (Größengleichungen) zur Erklärung experimenteller Effekte auf Oberstufenniveau</i>
Stufe IV:	Anwenden phys. Konzepte, Verfahren, Modelle		
Stufe V:	<i>Argumentieren und Problemlösen</i>	Stufe IV:	Selbstständiges fachliches <i>Argumentieren und Problemlösen</i>
Stufe VI:	<i>Überwinden von Fehlvorstellungen</i>	Stufe V:	<i>Überwinden von Fehlvorstellungen</i>

Die höchsten beiden Stufen der zwei Modelle sind praktisch identisch, die Stufen II und III unterscheiden sich lediglich durch den Verzicht auf einen Schulstufenbezug im Kompetenzstufenmodell des Kategoriensystems. Die wesentlichen Unterschiede bestehen in der Stufe I und der zusätzlichen Stufe zwischen dem „Anwenden von Gesetzen“ und dem „Argumentieren und Problemlösen“.

Aufgrund der Ähnlichkeiten beider Modelle ist es sinnvoll, die Analysen des bei TIMSS verwendeten Kompetenzstufenmodells zu betrachten, da dies auch Hinweise für das im Kategoriensystem verwendete Modell geben könnte.

Die schon im vorangegangenen Abschnitt beschriebene Experteneinschätzung der TIMSS-Aufgaben schloss die Bewertung nach Kompetenzstufen mit ein. Der Generalisierbarkeitskoeffizient dieser Einschätzungen genügt mit .34 selbst einem schwachen Kriterium (>.40) nicht. Ein Grund hierfür liegt in der deutlichen Tendenz zur Mitte, d.h. die Experten mieden die Stufe I sowie die Stufen IV und V. Eine Beschränkung der Analyse auf 17 Aufgaben, die zuvor vom TIMSS-Konsortium als charakteristisch für einzelne Kompetenzstufen ausgewählt wurden, liefert kein wesentlich besseres Ergebnis: die Korrelation zwischen ursprünglicher Einschätzung

und dem Expertenurteil liegt lediglich bei  $r=.58$ <sup>8</sup>. Eine besondere Schwierigkeit scheint dabei die Unterscheidung zwischen den Kompetenzstufen II und IV zu sein (vgl. KLIEME 2000, S.111f.).

Zusammenfassend sprechen die Befunde also gegen die Brauchbarkeit des Kompetenzstufenmodells für den voruniversitären Physikunterricht. Aufgrund der deutlichen Übereinstimmungen mit dem Kompetenzstufensystem im Kategoriensystem sind auch die darin verwendeten Stufen kritisch zu bewerten. Auch deshalb wird das bisherige Kompetenzstufenmodell in dem überarbeiteten Categoriesystem nicht mehr zu finden sein; ein weiterer Grund dafür ist, dass im Rahmen der PISA-Studie ein neues, zweidimensionales Kompetenzstufenmodell verwendet wurde, das den bisherigen Kompetenzstufenmodellen gegenüber deutliche Vorteile aufweist.

#### **4-11 AUFGABENANALYSEN IM RAHMEN VON PISA**

Dieser Abschnitt fasst die Aufgabenanalysen zusammen, die im Verlauf der PISA-Studie bisher durchgeführt wurden. Die Darstellung konzentriert sich auf den PISA-Zyklus 2000. Dazu werden nacheinander die Bereiche naturwissenschaftliche Grundbildung, mathematische Grundbildung und Lesekompetenz erläutert. Zusätzlich wird auf den naturwissenschaftlichen Teil des PISA-Zyklus 2003 eingegangen, nämlich die bereits im Hinblick auf eine spätere Auswertung geplante Konstruktion der Testaufgaben sowie die Ergebnisse einer Felduntersuchung.

##### *Kompetenzstufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung in PISA 2000*

Da sich bereits bei der Interpretation der TIMSS-Ergebnisse die Beschreibung von Kompetenzstufen als nützlich erwiesen hat, sollte dies bei PISA wiederholt werden (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 202). Gleichzeitig sollte aber zwischen vier Aspekten naturwissenschaftlicher Grundbildung bzw. naturwissenschaftlichen Prozessen unterschieden werden:

---

<sup>8</sup> Zum Vergleich: Für die 21 als charakteristisch befundenen Mathematikaufgaben liegt die Korrelation bei  $r=.78$  und ist hochsignifikant.



- 
- (a) *„Das Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen (understanding the nature of scientific investigation) umfasst die Fähigkeit, Fragestellungen zu erkennen, die naturwissenschaftlich untersucht werden können, und das Wissen über die Anforderungen an solche Untersuchungen. Weitere Aspekte betreffen das Identifizieren von Daten, die benötigt werden, um eine Behauptung oder Erklärung zu überprüfen. Dabei kann es zum Beispiel erforderlich sein, zu bestimmen oder zu erkennen, was verglichen werden muss, welche Variablen verändert oder kontrolliert werden müssen, welche zusätzlichen Informationen benötigt werden und was getan werden muss, um relevante Daten zu erheben.*
- (b) *Das Umgehen mit Evidenz (using scientific evidence) bezieht sich auf die Fähigkeit, naturwissenschaftliche Daten und Befunde als Belege für Behauptungen oder Schlussfolgerungen zu verwenden. Dazu gehört, Schlussfolgerungen aus vorliegenden Befunden zu ziehen oder Schlussfolgerungen auszuwählen, die den Daten am besten gerecht werden. Entsprechende Aufgaben können aber auch nach Gründen fragen, die in Anbetracht der gegebenen Evidenz für oder gegen bestimmte Schlussfolgerungen sprechen.*
- (c) *Das Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente (communicating scientific descriptions or arguments) umfasst die Fähigkeit, anderen Personen Beschreibungen, Argumente oder Erklärungen mit naturwissenschaftlichem Gehalt verständlich und zutreffend mitzuteilen. Hierzu zählt unter anderem, bezogen auf eine bestimmte Situation und vorliegende Daten, eventuell auch auf Basis von zusätzlichen relevanten Informationen, eine Argumentation zu entwickeln, die für eine bestimmte Zielgruppe klar und angemessen formuliert ist.*
- (d) *Das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte (understanding of science concepts) wird als Fähigkeit beschrieben, naturwissenschaftliche Ideen bzw. Begriffe anzuwenden, Ereignisse, Zusammenhänge, Phänomene oder Veränderungen zu erklären und Vorhersagen zu treffen.“ (PRENZEL ET AL. 2001, S. 199)*

In einem iterativen Verfahren wurden durch eine Expertengruppe fünf Kompetenzstufen erarbeitet, wobei jeder der vier naturwissenschaftlichen Prozesse separat betrachtet wurde (ebd., S. 202f.). Dadurch entstand ein zweidimensionales

Kompetenzstufenmodell, das auf jeder Kompetenzstufe zwischen den verschiedenen naturwissenschaftlichen Prozessen unterscheidet (siehe Tabelle 4, Seite 81). Da bestimmte Prozesse erst auf höheren Stufen naturwissenschaftlicher Grundbildung möglich sind (z.B. das Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente), bleiben einige Felder der Tabelle leer.

Die Benennungen der Kompetenzstufen beruhen auf dem Modell von BYBEE (1997, siehe auch Kapitel 1-2, Seite 6), wobei die beiden Ebenen der funktionalen sowie der konzeptuellen und prozeduralen Grundbildung noch weiter untergliedert wurden. Die konzeptuelle und prozedurale Grundbildung wird für die Zielpopulation von PISA (15jährige Schülerinnen und Schüler) als anspruchsvoll aber realistisch betrachtet (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 203). Die Kompetenzstufe III wird als Standardstufe betrachtet.

Eine empirische Absicherung dieses Kompetenzstufenmodells steht allerdings noch aus: aufgrund der geringen Anzahl von Naturwissenschaftsitems bei PISA 2000 war dies bisher nicht möglich. Die Beschreibungen der Kompetenzstufen können daher bisher nur als eine erste Näherung betrachtet werden (vgl. PRENZEL ET AL. 2002, S. 122).

Tabelle 4: Kompetenzstufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung, aufgegliedert nach Prozessen

Stufen der naturwissenschaftlichen Kompetenz	Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen	Umgehen mit Evidenz	Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente	Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte
V Konzeptuell und prozedural (Modelle)	Naturwissenschaftliche Untersuchungen hinsichtlich Design und getesteten Vermutungen analysieren	Daten als Evidenz benutzen, um alternative Gesichtspunkte oder unterschiedliche Perspektiven zu beurteilen	Naturwissenschaftliche Argumente und/oder Beschreibungen detailliert und präzise kommunizieren	Einfache konzeptuelle Modelle entwickeln oder anwenden, um Vorhersagen zu treffen oder Erklärungen zu geben
IV Konzeptuell und prozedural	Informationen identifizieren oder formulieren, die man bei einer gegebenen Untersuchung zusätzlich benötigt, um gültige Schlussfolgerungen ziehen zu können	Daten systematisch auf Aussagen über mögliche Schlussfolgerungen beziehen und eine Argumentationskette entwickeln	Einfache naturwissenschaftliche Argumente und/oder Beschreibungen kommunizieren	Elaborierte naturwissenschaftliche Konzepte anwenden, um Vorhersagen zu treffen oder Erklärungen zu geben
III Funktional (naturwissenschaftliches Wissen)	Details einer naturwissenschaftlichen Untersuchung identifizieren; Fragen erkennen, die durch eine naturwissenschaftliche Untersuchung beantwortet werden können	Beim Ziehen oder Bewerten von Schlussfolgerungen zwischen relevanten und irrelevanten Daten unterscheiden oder Argumentationsketten auswählen		Naturwissenschaftliche Konzepte anwenden, um Vorhersagen zu treffen oder Erklärungen zu geben
II Funktional (naturwissenschaftliches Alltagswissen)	Bei Untersuchungen in vereinfachten Zusammenhängen Variablen bestimmen, die man kontrollieren muss; Fragen benennen, die naturwissenschaftlich beantwortet werden können	Schlussfolgerungen unter Verweis auf Daten oder naturwissenschaftliche Information ziehen oder bewerten		Naturwissenschaftliches Alltagswissen anwenden, um Vorhersagen zu treffen oder Erklärungen zu geben
I Nominell		Schlussfolgerungen auf der Basis von naturwissenschaftlichem Alltagswissen ziehen oder bewerten		Einfaches Faktenwissen wiedergeben (z.B. Bezeichnungen, Ausdrücke, Fakten, einfache Regeln)

### *Kognitive Kompetenzen in PISA-E*

Im Rahmen der nationalen Ergänzungsstudie PISA-E sollte unter anderem die Leistung der Schülerinnen und Schüler differenziert im Hinblick auf verschiedene kognitive Anforderungen betrachtet werden. Dabei wurden fünf kognitive Kompetenzen unterschieden:

- *Aus einer graphischen Repräsentation die richtige Information ableiten*  
„Enthält eine Aufgabe eine Graphik oder ein Diagramm, aus denen bestimmte Werte abgelesen werden müssen, um die Aufgabe lösen zu können, so wird angenommen, dass die Aufgabe (unter anderem) die Kompetenz misst, *graphisch repräsentierte Information* in eine numerische oder verbale Repräsentation zu *transformieren*.“ (PRENZEL ET AL. 2001, S. 209)
- *Faktenwissen aus dem Gedächtnis abrufen und anwenden*  
„Müssen für eine erfolgreiche Aufgabenbearbeitung Begriffe, Bezeichnungen oder spezifische Wissensinhalte aus dem Gedächtnis abgerufen werden [...] so wird angenommen, dass damit die Kompetenz erhoben wird, naturwissenschaftliche „Fakten“ (im weiteren Sinne) aus dem Gedächtnis abzurufen und anzuwenden.“ (ebd., S. 210)
- *Aus gegebener Information die richtigen Schlüsse ziehen*  
„Eine andere Kompetenz bezieht sich darauf, aus verbal gegebenen Informationen die richtigen Schlüsse zu ziehen oder das für die Aufgabenlösung benötigte Wissen aus den gegebenen Informationen abzuleiten.“ (ebd.)
- *Ein (räumliches) mentales Modell heranziehen*  
„Eine weitere Fähigkeit betrifft die Nutzung einer räumlichen Vorstellung bzw. eines mentalen Modells über einen naturwissenschaftlichen Sachverhalt. Ein solches mentales Modell ist zum Beispiel eine bildhafte Vorstellung des Stromkreises, die herangezogen wird, um bei einer Schaltskizze zu entscheiden, ob ein Kurzschluss vorliegt oder nicht.“ (ebd.)
- *Einen Sachverhalt verbalisieren*  
„Das letzte hier berücksichtigte Aufgabenmerkmal [...] ist die Anforderung, einen Sachverhalt zu verbalisieren, wobei die Verbalisierung nur aus einem Wort bestehen kann, meist aber eine längere Erklärung umfasst.“ (ebd.)

Die Testaufgaben wurden ohne Mehrfachzuordnungen jeweils der für dominant gehaltenen Kompetenz zugeordnet. Dabei reicht die Anzahl der Items in der nationalen Ergänzungsstudie nicht aus, um die fünf kognitiven Kompetenzen nach den drei naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern zu differenzieren (ebd., S. 211).

Daher wurden die mittlere Lösungswahrscheinlichkeit sowie die Reliabilität der fünf Skalen nur für Naturwissenschaften insgesamt berechnet:

Tabelle 5: Mittlere Lösungswahrscheinlichkeit der PISA 2000 Items, die den kognitiven Kompetenzen zugeordnet sind

Kognitive Kompetenzen	Anzahl Items: nationaler Test	Anzahl Items: internationaler Test	Reliabilität	Mittlere Lösungswahr- scheinlichkeit
Aus einer graphischen Repräsentation die richtige Information ableiten	8	3	.90	0.59
Faktenwissen aus dem Gedächtnis abrufen und anwenden	7	0	.87	0.17
Aus gegebener Information die richtigen Schlüsse ziehen	2	12	.90	0.39
Ein (räumliches) mentales Modell heranziehen	4	2	.81	0.24
Einen Sachverhalt verbalisieren	5	8	.93	0.29

nach PRENZEL ET AL. 2001, S. 225

PRENZEL ET AL. 2002, S. 123

SENKBEIL ET AL. 2005

Alle Skalen sind ausreichend reliabel. Als am schwierigsten erweisen sich das Abrufen und Anwenden von Faktenwissen sowie das Heranziehen eines mentalen Modells. Informationen aus Grafiken abzuleiten fällt den Schülerinnen und Schülern dagegen leicht.

### *Aufgabenmerkmale zur Analyse der PISA-Items*

Sowohl die nationalen als auch die internationalen Items wurden zusätzlich mit Hilfe eines ausführlichen Katalogs von Aufgabenmerkmalen analysiert. Ziel war ebenfalls die Erklärung von Itemschwierigkeiten durch bestimmte Aufgabenmerkmale. Die Merkmale wurden von der nationalen Expertengruppe für Naturwissenschaften entwickelt, wobei drei Kategorien unterschieden wurden (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 216f.; PRENZEL ET AL. 2002, S. 125ff.):

1. Formale Aufgabenmerkmale (Itemformulierung und Antwortformat)
  - i. Langer Aufgabentext
  - ii. Aufgabe enthält Grafik
  - iii. Aufgabe enthält bildliche Information
  - iv. Aufgabe enthält Zahlen
  - v. Auswahlantworten
  - vi. Nennung eines Begriffs
  - vii. Freie kurze Antwort
  - viii. Freie lange Antwort
  - ix. Grafischer Output
  - x. Numerischer Output
2. Kognitive Anforderungen beim Lösen der Aufgaben
  - i. Textinformationen verarbeiten
  - ii. Aus Wissensbasis abrufen
  - iii. Logisch verknüpfen
  - iv. Räumliches Modell aufbauen
  - v. Etwas ausrechnen
  - vi. Repräsentation ändern
  - vii. Divergent denken
3. Merkmale der für das Lösen der Aufgaben erforderlichen Wissensbasis
  - i. Lösungsrelevante Informationen im Text
  - ii. Mit naturwissenschaftlichen Methoden beantwortbar
  - iii. Terminologisches Wissen
  - iv. Faktenwissen
  - v. Konstraintuitives Wissen
  - vi. Je-desto-Beziehungen
  - vii. Funktionale Zusammenhänge

Für jedes Item wurde überprüft, welche der genannten Aufgabenmerkmale es aufweist. Der Zusammenhang zwischen Aufgabenmerkmalen und Itemschwierigkeit wurde durch eine Regressionsrechnung bestimmt (Tabelle 6, Seite 85, zweite und dritte Spalte). In einer zweiten Regressionsrechnung (vierte und fünfte Spalte) blieben die Aufgabenmerkmale unberücksichtigt, deren Standardfehler größer als die Regressionsgewichte waren.

Tabelle 6: Regressionsgewichte und Standardfehler der Aufgabenmerkmale zur Vorhersage der Itemschwierigkeiten  
(B: Regressionsgewicht; S: Standardfehler)

Aufgabenmerkmale	Einbezug aller Prädiktoren		Einbezug der Prädiktoren mit B>S	
	B	S	B	S
<b>Formale Aufgabenmerkmale</b>				
Langer Aufgabentext	0.12	0.33		
Aufgabe enthält Grafik	-0.39	0.36	-0.41	0.35
Aufgabe enthält bildliche Information	-0.47	0.45	-0.50	0.43
Freie kurze Antwort	0.59	0.36	0.62	0.35
Freie lange Antwort	0.85	0.43	0.85	0.42
<b>Kognitive Anforderungen</b>				
Textinformationen verarbeiten	0.49	0.36	0.53	0.33
Logisch verknüpfen	0.42	0.29	0.46	0.27
Räumliches Modell aufbauen	0.82	0.49	0.85	0.46
Etwas ausrechnen	1.47	0.67	1.39	0.64
Divergent denken	0.67	0.66	0.68	0.64
<b>Merkmale mit Wissensbasis</b>				
Terminologisches Wissen	1.27	0.29	1.30	0.28
Faktenwissen	0.39	0.33	0.34	0.31
Kontraintuitives Wissen	0.27	0.79		
Funktionale Zusammenhänge	0.59	0.40	0.54	0.38
<b>Multipl. R<sup>2</sup></b>	.452		.450	

aus PRENZEL ET AL. 2002, S. 130

Die zwölf verbleibenden Aufgabenmerkmale erklären 45 Prozent der Varianz. Als besonders schwierigkeitserzeugend erweisen sich die Aufgabenmerkmale ‚Etwas Ausrechnen‘ (Kognitive Anforderung), ‚Terminologisches Wissen‘ (Merkmal mit Wissensbasis), ‚Freie lange Antwort‘ (Formale Aufgabenmerkmale) und ‚Räumliches Modell aufbauen‘ (Kognitive Anforderung). In der Aufgabe enthaltene Grafiken und bildliche Informationen (Formale Aufgabenmerkmale) erleichtern dagegen das Lösen von Aufgaben.

Insgesamt zeigen diese Analysen ein „plausibles Muster von kognitiven Hürden oder Hilfestellungen bei der Aufgabenbearbeitung“ (PRENZEL ET AL. 2002, S. 132). Dennoch sind die Befunde „in ihrer inhaltlichen Aussagekraft [...] nicht ohne Weiteres (sic) generalisierbar“ (ebd., S. 133): sie beziehen sich auf eine relativ kleine, einseitige Ausgangsbasis, nämlich die PISA-Testaufgaben. Ob die Anwendung der Aufgabenmerkmale auf andere Aufgaben zu ähnlichen oder vielleicht auch völlig abweichenden Ergebnissen führt, ist offen.

*Mathematische Grundbildung in PISA 2000*

Wenn es auch nicht zulässig sein kann, die Schwierigkeit von Physikaufgaben auf die Schwierigkeit der notwendigen mathematischen Operationen zu reduzieren (siehe Kapitel 4-6, Seite 60), so können die mit Physikaufgaben verbundenen mathematischen Prozeduren dennoch die Schwierigkeit beeinflussen. Im bestehenden Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben (siehe Kapitel 4-9, Seite 66) wird dies durch die beiden Anforderungsmerkmale „Rechenfertigkeiten“ und „Verständnis für funktionale Zusammenhänge“ berücksichtigt. Nun soll geprüft werden, ob sich nach der Analyse der PISA-Mathematikitems alternative oder ergänzende Aufgabenmerkmale anbieten.

Der Gesamtanlage von PISA entsprechend orientiert sich auch der mathematische Teil an einer Sichtweise mathematischer Grundbildung, die dem „literacy“-Konzept entspricht: Mathematik soll in verschiedenen Zusammenhängen sinnvoll als Werkzeug angewendet werden können. Bei einem Großteil der in der Untersuchung verwendeten Items handelt es sich daher um „Modellierungsaufgaben“. Dabei muss zunächst ein Problem erkannt werden, dieses ist dann in einen mathematischen Ansatz zu übersetzen, mathematisch zu verarbeiten und das Ergebnis ist wieder im Hinblick auf das Ausgangsproblem zu interpretieren und ggf. zur Überprüfung des ursprünglichen Ansatzes heranzuziehen.

Im internationalen Testteil wird zwischen zwei Typen von Modellierungsaufgaben und einer weiteren Aufgabengruppe unterschieden (vgl. NEUBRAND ET AL. 2002, S. 103):

1. rechnerische Modellierungsaufgaben (prozedurale Durchführung eines gewonnenen Ansatzes)
2. begriffliche Modellierungsaufgaben (Modellierung mit begrifflichen Mitteln, ohne algorithmische Schritte)
3. technische Aufgaben (Abarbeiten eines vorgegebenen Ansatzes)<sup>9</sup>

Dem Ansatz von PISA entsprechend kommen technische Aufgaben im internationalen Testteil praktisch nicht vor. Dies wird jedoch durch die nationale Ergänzungsstudie PISA-E zum Teil aufgefangen (siehe Tabelle 7, Seite 87). Dennoch bleiben die PISA-Aufgaben einseitig. Eine Verallgemeinerung der noch darzustellenden Ergebnisse zum Zusammenhang von Aufgabenschwierigkeit und

---

<sup>9</sup> Im nationalen PISA-Framework werden zwei dieser Aufgabengruppen noch weiter differenziert, sodass insgesamt von fünf Aufgabengruppen ausgegangen wird (vgl. NEUBRAND ET AL. 2001, S. 51ff.)



Aufgabenmerkmalen ist deshalb – wie schon bei den Naturwissenschaften – nur bedingt möglich.

Tabelle 7: Verteilung der PISA-Items Mathematik

	Aufgabengruppen			Summe
	rechnerische Modellierungs- aufgaben	begriffliche Modellierungs- aufgaben	technische Items	
Internationale PISA-Aufgaben	14	16	1	31
Nationale PISA-Aufgaben	33	30	23	86
	47	46	24	117

nach NEUBRAND ET AL. 2002, S. 101

### *Aufgabenmerkmale von Mathematikaufgaben in PISA 2000*

Analog zu dem Vorgehen bei der Analyse der Items zu den Naturwissenschaften wurden auch den nationalen wie internationalen Testaufgaben zur Mathematik Merkmale zugeordnet, die zur Erklärung der empirischen Aufgabenschwierigkeit dienen sollen (vgl. NEUBRAND ET AL. 2002). Beispielaufgaben zu den einzelnen Aufgabenmerkmalen finden sich bei NEUBRAND ET AL. (2001).

Die Orientierung an Modellierungsaufgaben spiegelt sich auch hier wider, nämlich in der Zuordnung der Aufgabenmerkmale zu zwei Gruppen (vgl. NEUBRAND ET AL. 2002, S. 105ff.):

1. Übergreifende Merkmale des Modellierungsprozesses
2. Merkmale der Teilprozesse innerhalb des Modellierungsprozesses

Jeder dieser Gruppen werden mehrere Aufgabenmerkmale zugeordnet, bei denen zum Teil noch verschiedene „Ausprägungen (Kompetenzklassen)“ (ebd.) mit steigenden Anforderungen unterschieden werden:

1. Übergreifende Merkmale des Modellierungsprozesses
  - a. Komplexität der Modellierung
    - i. Reproduktion (Standardverfahren ausführen)
    - ii. Verknüpfung (Informationen verknüpfen, mathematische Teilgebiete in Verbindung bringen)
    - iii. Verallgemeinerung (Modelle entwickeln, verallgemeinern und reflektieren)
  - b. curriculare Wissensstufe
    - i. Grundkenntnisse (Alltags- und Grundschulwissen)

- ii. Einfaches Wissen der Sekundarstufe I (Schnittmenge des Basiscurriculums aller Schulformen)
  - iii. Anspruchsvolles Wissen der Sekundarstufe I
  - c. Kontexte (außermathematisch, innermathematisch, kein Kontext)
2. Merkmale der Teilprozesse innerhalb des Modellierungsprozesses
- a. Offenheit der Mathematisierung, vielfältige Lösungen
  - b. Umfang der Verarbeitung
  - c. Argumentieren

Nach Bewertung aller 117 Items im Hinblick auf die Anforderungsmerkmale wurden diese durch eine multiple Regressionsanalyse mit den empirischen Aufgabenschwierigkeiten in Beziehung gesetzt. Dies geschah sowohl für die gesamten Items als auch separat für die drei verschiedenen Aufgabengruppen (rechnerische Modellierungsaufgaben, begriffliche Modellierungsaufgaben, technische Aufgaben) (ebd., S. 109).

Generell wird die Schwierigkeit der Items danach durch die Merkmale ‚Komplexität der Modellierung‘ (1a) und die ‚curriculare Wissensstufe‘ (1b) bestimmt. Sie erklären zusammen 34 Prozent der Varianz. Durch Hinzunahme der Merkmale ‚Offenheit‘ (2a), ‚Umfang‘ (2b) und ‚Kontext‘ (2c) des Modellierungsprozesses werden weitere 11 Prozent der Varianz erklärt (ebd., S. 110).

Eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Aufgabengruppen liefert folgendes Bild (ebd., S. 111ff.):

- Die Schwierigkeit rechnerischer Modellierungsaufgaben ist von der curricularen Wissensstufe, dem Umfang der Verarbeitung und der Komplexität der Modellierung abhängig. Tendenziell erleichtern außermathematische Kontexte die Bearbeitung rechnerischer Modellierungsaufgaben.
- Die Schwierigkeit begrifflicher Modellierungsaufgaben hängt von der Komplexität der Modellierung, dem Kontext und dem Merkmal ‚Offenheit der Mathematisierung, vielfältige Lösungen‘ ab.
- Die Schwierigkeit technischer Aufgaben ist nur von der curricularen Wissensstufe abhängig.

Insgesamt ist es möglich, einen erheblichen Teil der Schwierigkeitsvarianzen durch die verwendeten Aufgabenmerkmale aufzuklären. Gleichzeitig ist aber festzustellen, dass der Zusammenhang zwischen beiden Merkmalen nicht eindeutig ist, sondern stark vom Aufgabentyp abhängt.

*Lesekompetenz in PISA 2000*

Ein bemerkenswertes Ergebnis von PISA war der in dieser Stärke verblüffende Zusammenhang zwischen naturwissenschaftlicher Kompetenz und Lesekompetenz: Die latente Korrelation zwischen beiden beträgt für die deutsche Stichprobe  $r=.87$  und ist damit höher als zwischen den Naturwissenschaften und Mathematik ( $r=.83$ ) (vgl. PRENZEL ET AL. 2001, S. 221). Als gängige Erklärung – gleichzeitig oft ein Vorwurf in Hinblick auf das Format der PISA-Items – wurde angeführt, durch die längeren, einleitenden Texte zu den Aufgaben sei mit den Naturwissenschaftsitems auch immer ein hohes Maß an Lesekompetenz verbunden.

Diese Annahme konnte durch die nationale Ergänzungsstudie PISA-E widerlegt werden: Trotz der Reduktion des Leseaufwandes in den naturwissenschaftlichen Items des nationalen Tests korreliert dieser nur wenig schwächer mit dem Leseverständnis ( $r=.82$ ) als der internationale Naturwissenschaftstest. Dies deutet „darauf hin, dass die Korrelation zwischen der Lese- und Naturwissenschaftskompetenz substantieller Natur ist“ (ebd., S. 224).

Bei näherer Betrachtung dessen, was PISA unter Lesekompetenz versteht, wird die Verbindung zur Naturwissenschaftskompetenz zusätzlich deutlich:

„Unter Lesekompetenz versteht PISA die Fähigkeit, geschriebene Texte unterschiedlicher Art in ihren Aussagen, ihren Absichten und ihrer formalen Struktur zu verstehen und in einen größeren Zusammenhang einordnen zu können, sowie in der Lage zu sein, Texte für verschiedene Zwecke sachgerecht zu nutzen.“ (BAUMERT, KLIEME, NEUBRAND ET AL. 2001, S. 10)

Dabei werden zwei Textsorten unterschieden: kontinuierliche und nicht-kontinuierliche Texte. Kontinuierliche Texte sind prosaische Texte wie Erzählungen und Beschreibungen. Als nicht-kontinuierliche Texte gelten Bilder, Formulare, Diagramme, Graphen, Tabellen und schematische Zeichnungen (ebd.). Das Leseverständnis für nicht-kontinuierliche Texte kann somit – insbesondere unter Berücksichtigung von Scientific Literacy als Unterrichtsziel (vgl. Kapitel 1-2, Seite 5ff.) – auch als eine naturwissenschaftliche Kompetenz begriffen werden.

Es ist somit unerlässlich, Lesekompetenz auch im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Aufgaben zu berücksichtigen (vgl. FISCHER ET AL. 2004, S. 194). Dies soll aber auf die Darstellung des bei PISA verwendeten Stufenmodells der Lesekompetenz beschränkt werden. Es umfasst fünf Stufen, auf denen jeweils drei Arten von Leseaufgaben unterschieden werden (siehe Tabelle 8, Seite 90). Die dritte Stufe stellt wiederum den erwarteten Standard für die Zielpopulation dar.

Tabelle 8: Stufen der Lesekompetenz

Auf den verschiedenen Lesekompetenzskalen gemessene Fähigkeiten:			
Informationen Ermitteln	Textbezogenes Interpretieren	Reflektieren und Bewerten	
Ermitteln von Informationen bedeutet, einzelne oder mehrere Informationsteile in einem Text aufzufinden.	Textbezogenes Interpretieren bedeutet, einem oder mehreren Teilen eines Textes einen Sinn zuzuordnen und Schlüsse daraus zu ziehen.	Reflektieren und Bewerten bedeutet, einen Text zu eigenen Erfahrungen, Kenntnissen und Ideen in Beziehung zu setzen.	
Kompetenzstufe			
5	Mehrere Teile einer tief eingebetteten Information, die z.T. außerhalb des Hauptteils des Textes liegen können, lokalisieren und u.U. ordnen oder zusammenfügen. Feststellen, welche der im Text enthaltenen Informationen für die Aufgabe wichtig sind. Mit sehr plausiblen und/oder stark konkurrierenden Informationen umgehen können.	Die Bedeutung einer nuancierten Ausdrucksweise analysieren oder ein volles und detailliertes Verständnis eines Textes unter Beweis stellen.	Kritisch bewerten oder ausgehend von Fachwissen Hypothesen aufstellen. Mit Konzepten umgehen können, die im Gegensatz zu eigenen Erwartungen stehen, und gestützt auf eine tiefgreifende Analyse langer oder komplexer Texte Rückschlüsse ziehen.
4	Mehrere Teile einer eingebetteten Information in einem Text, dessen Kontext oder Form ungewohnt ist, lokalisieren und u.U. ordnen oder zusammenfügen, wobei jedes Informationsteil möglicherweise mehreren Kriterien entsprechen muss. Feststellen, welche im Text enthaltenen Informationen für die Aufgabe wichtig sind.	Anspruchsvolle, aus dem Text gezogene Schlüsse zum Verständnis und zur Anlegung von Kategorien in einem ungewohnten Kontext einsetzen und die Bedeutung eines Textteils unter Berücksichtigung des Textes als Ganzem analysieren. Mit Mehrdeutigkeiten, den eigenen Erwartungen zuwiderlaufenden Vorstellungen und in der Negativform ausgedrückten Gedanken umgehen können.	Unter Rückgriff auf schulisches oder Allgemeinwissen Hypothesen über einen Text aufstellen oder ihn kritisch bewerten. Ein genaues Verständnis langer oder komplexer Texte unter Beweis stellen.
3	Mehrere Informationsteile, die u.U. jeweils mehreren Kriterien entsprechen müssen, lokalisieren und manchmal auch die zwischen ihnen bestehenden Zusammenhänge erkennen. Mit gut sichtbaren konkurrierenden Informationen umgehen können.	Mehrere Textteile gedanklich verbinden, um die Hauptidee zu identifizieren, einen Zusammenhang zu begreifen oder die Bedeutung eines Wortes oder Satzes zu analysieren. Vergleichen, Gegenüberstellen oder Kategorisieren mit Berücksichtigung zahlreicher Kriterien. Mit konkurrierenden Informationen umgehen können.	Verbindungen herstellen, Vergleiche anstellen, Erklärungen liefern oder einen Textbestandteil beurteilen. Ein detailliertes Verständnis des Textes unter Bezugnahme auf vertraute Alltagskenntnisse unter Beweis stellen oder dafür auf weniger bekanntes Wissen zurückgreifen.
2	Ein oder mehrere Informationsteile lokalisieren, wobei jedes u.U. mehreren Kriterien entsprechen muss. Mit konkurrierenden Informationen umgehen können.	Die Hauptidee eines Textes identifizieren, Zusammenhänge begreifen, einfache Kategorien entwickeln und anlegen oder die Bedeutung eines begrenzten Textteils analysieren, wenn die Informationen nicht leicht sichtbar sind und wenig anspruchsvolle Schlüsse gezogen werden müssen.	Vergleiche anstellen oder Zusammenhänge zwischen dem Text und außertextlichen Kenntnissen erkennen oder einen Bestandteil des Textes ausgehend von eigenen Erfahrungen oder Standpunkten erklären.
1	Ein oder mehrere unabhängige Teile einer explizit ausgedrückten Information unter Berücksichtigung eines einzigen Kriteriums lokalisieren.	Das Hauptthema oder die Absicht des Autors in einem Text über ein vertrautes Thema erkennen, wenn die erforderliche Information im Text gut sichtbar ist.	Eine einfache Verbindung zwischen der im Text enthaltenen Information und allgemeinem Alltagswissen herstellen.

nach OECD 2001b, S. 40f.

*Itemkonstruktion für PISA-E 2003*

Ziel der Aufgabenkonstruktion für die nationale Ergänzungsstudie zu PISA 2003 war die systematische Kombination von kognitiven Anforderungen und naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen durch ein ‚vollständiges Facettendesign‘ (vgl. PRENZEL ET AL. 2002, S. 133f.). Die erste Facette umfasst sieben kognitive Kompetenzen, die zweite Facette enthält zehn zentrale Konzepte naturwissenschaftlicher Fächer (je 4 für Physik und Biologie sowie 2 für Chemie).

Beide Facetten wurden miteinander gekreuzt, d.h. zu jedem der zehn zentralen Konzepte der zweiten Facette wurde ein Aufgabenset von sieben Items erstellt, wobei jedes der jeweils sieben Items genau eine kognitive Kompetenz der ersten Facette repräsentiert. Insgesamt wurden für PISA-E 2003 also 70 Items entwickelt. Der testtheoretische Vorteil dieses Designs liegt darin, dass so die kognitiven Kompetenzen unabhängig von inhaltlichen Teilgebieten erfasst werden können und umgekehrt inhaltliche Fähigkeiten unabhängig von kognitiven Prozessen (ebd.).

Dieses, in erster Linie unter testtheoretischen Gesichtspunkten interessante Design ist hier deshalb erwähnenswert, weil die sieben kognitiven Kompetenzen der ersten Facette eine Weiterentwicklung der fünf kognitiven Kompetenzen darstellen, wie sie bei PISA-E 2000 verwendet wurden (siehe Kapitel 4-11, Seite 82):

5 kognitive Kompetenzen bei PISA-E 2000	7 kognitive Kompetenzen bei PISA-E 2003
Aus einer graphischen Repräsentation die richtige Information ableiten	Umgang mit Graphen
Faktenwissen aus dem Gedächtnis abrufen und anwenden	–
Aus gegebener Information die richtigen Schlüsse ziehen	Konvergentes Denken
Ein (räumliches) mentales Modell heranziehen	Umgang mit mentalen Modellen
Einen Sachverhalt verbalisieren	Sachverhalt verbalisieren
	Divergentes Denken (zu nicht eindeutig lösbaren Problemen möglichst viele Lösungsmöglichkeiten finden)
	Bewertung/Evaluation (in komplexen Situation begründete Entscheidungen treffen)
	Umgang mit Zahlen (mit vorgegebenen quantitativen Größen rechnen)

Die ersten vier der sieben kognitiven Kompetenzen von PISA-E 2003 entsprechen bis auf die Benennung der kognitiven Kompetenzen aus PISA-E 2000. Auf den Aspekt des Faktenwissens wurde allerdings verzichtet, da dieser bereits in der zweiten Facette, den zentralen Konzepten naturwissenschaftlicher Fächer, Berücksichtigung findet. Die drei Ergänzungen wurden zur besseren Anbindung der Ergänzungsstudie an den internationalen Test vorgenommen (vgl. SENKBEIL ET AL. 2005).

Die zehn entwickelten Itemsets wurden 2002 in einer Felduntersuchung in vier Bundesländern an jeweils repräsentativen Stichproben der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler getestet (ebd.). Aufgrund des Umfangs der Testaufgaben bearbeitete jeder Proband nur einen Teil der Aufgabensets (meist drei, maximal fünf Sets). Die jeweils nicht bearbeiteten Aufgabensets wurden als fehlende Daten behandelt. Die Auswertung der Daten fand mit Testmodellen aus der Item Response Theorie statt (ebd., zu Details siehe ROST & WALTER im Druck).

Am besten werden die Ergebnisse der Felduntersuchung durch ein 7-dimensionales Kompetenzmodell beschrieben, in dem die sieben kognitiven Kompetenzen unabhängige Dimensionen darstellen und auf eine Unterscheidung zwischen den drei Fächern Biologie, Chemie und Physik verzichtet wird. Ursprünglich wurde ein 10-dimensionales Modell erwartet, dass zusätzlich zwischen den Fächern unterscheidet. Dass dies nicht zutrifft, lässt sich zum Teil durch das Testdesign erklären: Die sieben kognitiven Kompetenzen berücksichtigen nur Fähigkeiten, die in allen Naturwissenschaften relevant sind; fachspezifische Kompetenzen bleiben unberücksichtigt. Dadurch könnten die tatsächlichen Zusammenhänge zwischen den naturwissenschaftlichen Fächern überschätzt werden (vgl. SENKBEIL ET AL. 2005).

Tabelle 9 (siehe Seite 93) zeigt die mittlere Lösungshäufigkeiten der Items nach kognitiven Kompetenzen, ergänzt durch die Ergebnisse von PISA 2000. Übereinstimmend stellen der Umgang mit mentalen Modellen und konvergentes Denken anspruchsvolle Anforderungen dar, während der Umgang mit Graphen relativ leicht fällt. Das Verbalisieren von Sachverhalten erweist sich in der Felduntersuchung – im Gegensatz zu PISA 2000 – ebenfalls als leicht. Von den drei ergänzten Kompetenzen ist der Umgang mit Zahlen am schwierigsten, divergentes Denken und Bewertung/Evaluation sind weniger anspruchsvoll. Jedoch sind auch diese Ergebnisse aufgrund des einseitigen Aufgabenpools nicht ohne weiteres verallgemeinerbar.

Tabelle 9: Lösungshäufigkeiten für die Skalen der kognitiven Kompetenzen

Kognitive Kompetenzen	Mittlere Lösungswahrscheinlichkeit in PISA-E 2003 Feldtest	Mittlere Lösungswahrscheinlichkeit in PISA 2000 (siehe Tabelle 5, S. 83.)
Umgang mit Graphen	0.50	0.59
Konvergentes Denken	0.37	0.39
Umgang mit mentalen Modellen	0.22	0.24
Sachverhalt verbalisieren	0.41	0.29
Divergentes Denken	0.42	–
Bewertung/Evaluation	0.40	–
Umgang mit Zahlen	0.36	–

nach SENKBEIL ET AL. 2005

#### 4-12 ÜBERARBEITETES KATEGORIENSYSTEM ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN

Im Folgenden wird das in Kapitel 4-9 (siehe Seite 66) vorgestellte Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben überarbeitet. Die Struktur dieses Kapitels orientiert sich an Kapitel 4-9, zusammengehörige Abschnitte tragen zur besseren Übersicht gleiche Überschriften. Abschnitte, die in Kapitel 4-9 nicht vorkommen beginnen mit dem Überschriftentext ‚Ergänzung‘.

In den ersten Abschnitten werden zunächst im Wesentlichen Elemente des alten Kategoriensystems übernommen, zu denen weder TIMSS noch PISA Aussagen machen. Allerdings wird hier eine Ergänzung vorgenommen, die die Theorie der Basismodelle als Grundlage der Aufgabenkonstruktion berücksichtigt.

##### *Inhaltliche und curriculare Einordnung*

Die inhaltliche Einordnung zu verschiedenen physikalischen Teilgebieten und die curriculare Zuordnung anhand der Richtlinien und Lehrpläne werden unverändert beibehalten. Gleiches gilt für die Einschätzung zum Realitätsbezug des Aufgabeninhaltes unter besonderer Berücksichtigung der Interessen der Schülerinnen und Schüler (siehe Seite 67).

*Ergänzung: Basismodelle und Handlungskettenelemente*

Für Aufgaben, die ausdrücklich auf Grundlage der Basismodelltheorie konstruiert wurden, ist anzugeben, für welches Basismodell (oder welche Kombination von Basismodellen) und welche Handlungskettenelemente dies geschah. Bei anderen Aufgaben ist einzuschätzen, für welche Basismodelle und Handlungskettenelemente die Aufgabe brauchbar erscheint.

*Lösungswege*

Bei der Charakterisierung der Lösungswege werden weiterhin vier Kategorien unterschieden (siehe Seite 67):

1. experimentelle Lösungen
2. halbquantitative Lösungen
3. rechnerische Lösungen
4. theoretische Lösungen

*Antwortformat, Offenheit und Experimentierverhalten*

Das Antwortformat wird weiterhin in Anlehnung an die TIMS-Studie dreistufig kodiert (siehe Seite 68):

1. MC-Aufgaben (Multiple Choice)
2. Kurzantwort-Aufgaben
3. Aufgaben mit erweitertem Antwortformat

Dabei ist zusätzlich festzuhalten, dass das Antwortformat nach TIMSS und PISA einen erheblichen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit hat: Je freier das Antwortformat, desto schwieriger die Aufgabe (bei gleichem Inhalt der Frage).

Die Charakterisierung der Offenheit einer Aufgabe, die bisher in zwei Schritten erfolgte, soll im Hinblick auf noch kommende Ergänzungen des Kategoriensystems vereinfacht werden. Die Offenheit ist nun in einem Schritt auf einer vierstufigen Skala einzuschätzen:

- *Stufe 1:* Die Aufgabe lässt mehrere Lösungswege zu und schreibt weder direkt noch indirekt einen bestimmten Weg vor.



- *Stufe 2:* Die Aufgabe lässt mehrere Lösungsmöglichkeiten zu und thematisiert einige Alternativen.
- *Stufe 3:* Die Aufgabe macht implizite Vorgaben zum Lösungsweg, etwa durch Handlungsanweisungen („berechne“, „messe“, etc.) oder Nennung der zu verwendenden Geräte bzw. physikalischen Gesetze.
- *Stufe 4:* Die Aufgabe schreibt explizit einen Lösungsweg vor.

Der besonderen Schwierigkeit experimenteller Lösungen wird weiterhin durch die Einschätzung des notwendigen Experimentierverhaltens Rechnung getragen:

- Imitatorisches Experimentieren
- Organisierendes Experimentieren
- Konzeptuelles Experimentieren

### Kompetenzstufen

Bereits in Kapitel 4-10 (siehe Seite 76) wurde deutlich, dass das ursprünglich verwendete Kompetenzstufenmodell nicht brauchbar ist. Dieses soll deshalb durch das bei PISA verwendete Modell ersetzt werden, welches fünf Kompetenzstufen im Hinblick auf vier unterschiedliche naturwissenschaftliche Prozesse beschreibt (siehe Kapitel 4-11, Seite 78ff.; insbesondere Tabelle 4, Seite 81). Dadurch ergibt sich folgende Grundstruktur:

Stufen der naturwissenschaftlichen Kompetenz	naturwissenschaftliche Prozesse			
	Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen	Umgehen mit Evidenz	Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente	Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte
<b>V</b> Konzeptuell und prozedural (Modelle)				
<b>IV</b> Konzeptuell und prozedural				
<b>III</b> Funktional (naturwissenschaftliches Wissen)			X	
<b>II</b> Funktional (naturwissenschaftliches Alltagswissen)				
<b>I</b> Nominell				

Dieses Kompetenzstufenmodell ist allerdings noch nicht empirisch abgesichert und muss wiederum als vorläufig angesehen werden, da die Anzahl der Naturwissenschaftsitems in PISA bisher nicht für eine genauere Untersuchung ausreichte. Weiterentwicklungen in der Folge von PISA 2003 und PISA 2006 werden aber voraussichtlich darauf aufbauen. Mit der Verwendung dieses Kompetenzstufenmodells bleibt das überarbeitete Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben also anschlussfähig für zukünftige Entwicklungen von Kompetenzstufenmodellen, insbesondere im Zusammenhang mit den noch ausstehenden PISA-Zyklen.

#### *Ergänzung: Lesekompetenz!*

Im Zusammenhang mit der Darstellung der Lesekompetenz im Sinne von PISA wurde bereits auf die Notwendigkeit hingewiesen, Lesekompetenz im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Aufgaben zu berücksichtigen (siehe Kapitel 4-11, Seite 89). Daher sollen die bei PISA verwendeten Stufen der Lesekompetenz (siehe Tabelle 8, Seite 90) in das überarbeitete Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben aufgenommen werden. Dies schließt die Unterscheidung der drei Arten von Leseaufgaben (Informationen Ermitteln, Textbezogenes Interpretieren, Reflektieren und Bewerten) mit ein. Es wird erwartet, dass das Ermitteln von Informationen in praktisch allen Physikaufgaben von Bedeutung ist, während textbezogenes Interpretieren sowie Reflektieren und Bewerten nur bei speziellen Aufgaben zum Tragen kommen, etwa beim Umgang mit Sachtexten.

#### *Ergänzung: Mathematische Kompetenz?*

Die mathematische Grundbildung in PISA 2000 orientiert sich stark an mathematischen Modellierungsaufgaben. Dies schlägt sich auch in den verwendeten Aufgabenmerkmalen nieder (siehe Kapitel 4-11, Seite 87). Die Aufgabenmerkmale für Mathematikaufgaben scheinen daher für die Bewertung von Physikaufgaben unangemessen. Es bleibt abzuwarten, ob ein für Mathematik noch ausstehendes Kompetenzstufenmodell (zu erwarten für die Auswertung von PISA 2003) oder

überarbeitete Anforderungsmerkmale auch für Physikaufgaben sinnvoll einzusetzen sein werden.

### *Anforderungsmerkmale*

Im Hinblick auf Aufgabenmerkmale, die die Anforderungen beschreiben, welche eine Aufgabe an Schülerinnen und Schüler stellt, wurden neben dem Kategoriensystem noch vier weitere Ansätze vorgestellt. Diese sind in Tabelle 10 (siehe Seite 98) zusammengefasst. Dabei wurden die Merkmale so sortiert, dass sich gleiche oder ähnliche Merkmale in gleichen Zeilen befinden. Die bei PISA verwendeten Aufgabenmerkmale (vorletzte Spalte) wurden allerdings nicht komplett übernommen: Insbesondere wurde auf den Teil der formalen Aufgabenmerkmale verzichtet, der sich nur auf das Antwortformat bezieht, da dies im Kategoriensystem separat erhoben wird. Zudem wurde auf die kognitive Anforderung ‚aus Wissensbasis abrufen‘ verzichtet, da die Merkmale einer ggf. erforderlichen Wissensbasis selbst durch sieben Merkmale charakterisiert werden (siehe Kapitel 4-11, Seite 84).

Keiner der drei im Zusammenhang mit PISA stehenden Ansätze ist geeignet, den bisherigen Katalog von Anforderungsmerkmalen vollständig zu ersetzen. Sie orientieren sich in erster Linie an inhaltlichen und methodischen Vorgaben der PISA-Studie und sind damit auf einen sehr speziellen Typ von Aufgaben hin ausgerichtet. Für Physikaufgaben im Allgemeinen ist es daher notwendig, eine Synthese zwischen den verschiedenen Ansätzen herzustellen. Eine einfache Addition aller Aufgabenmerkmale ist aber nicht vertretbar: Es muss bei einer begrenzten, praktikablen Anzahl von Anforderungsmerkmalen bleiben. Anhand von Tabelle 10 wird nun erläutert, welche Anforderungsmerkmale Eingang in das überarbeitete Kategoriensystem finden.

Tabelle 10: Zusammenstellung verschiedener Ansätze zu Aufgabenmerkmalen

Anforderungsmerkmale im Kategoriensystem (siehe Seite 71)	Anforderungsmerkmale bei TIMSS (siehe Seite 74)	Kognitive Kompetenzen bei PISA-E (siehe Seite 82)	Aufgabenmerkmale bei PISA 2000 (Auswahl) (siehe Seite 84)	Kognitive Kompetenzen bei PISA-E 2003 (siehe Seite 91)
Kenntnis von Definitionen und Gesetzen	Kenntnisse von Definitionen, physikalischen Gesetzen (+)	Faktenwissen aus dem Gedächtnis abrufen und anwenden (+)	Faktenwissen (+)	
			Terminologisches Wissen (+)	
Qualitatives Begriffsverständnis	Qualitatives Verständnis physikalischer Begriffe			
Rechenfertigkeiten	Rechnen		Etwas ausrechnen (+)	Umgang mit Zahlen
			Aufgabe enthält Zahlen	
	Operieren mit math. Termen und Kalkülen			
Interpretation von Diagrammen	Interpretation von Diagrammen	Aus einer graphischen Repräsentation die richtige Information ableiten (-)	Aufgabe enthält Grafik (-)	Umgang mit Graphen (-)
Textverständnis	Textverständnis		Textinformationen verarbeiten (+)	
			Lösungsrelevante Informationen im Text	
			Langer Aufgabentext	
Visuelles Vorstellungsvermögen	Bildliches Vorstellen			
Fähigkeiten des Problemlösens	Problemlöseprozesse			
Verständnis formalisierter Gesetze	Verständnis formalisierter Gesetze			
Verständnis für funktionale Zusammenhänge	Verständnis für funktionale Zusammenhänge (+)		Funktionale Zusammenhänge (+)	
			Je-desto-Beziehungen	
Verständnis für Alltagssituationen	Verständnis für Alltagssituationen			
Verständnis für experimentelle Situationen	Verständnis für experimentelle Situationen			
Verständnis für symbolische Zeichnungen	Verständnis für symbolische Zeichnungen			
			Aufgabe enthält bildliche Information (-)	
Überwindung von Fehlvorstellungen	Überwindung von Fehlvorstellungen (+)		Kontraintuitives Wissen	
Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen			Mit naturw. Methoden beantwortbar	
Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte				
Fähigkeit zur Kooperation				
		Aus gegebener Information die richtigen Schlüsse ziehen	Logisch verknüpfen (+)	Konvergentes Denken (+)
		Einen Sachverhalt verbalisieren		Sachverhalt verbalisieren (-)
		Ein (räumliches) mentales Modell heranziehen (+)	Ein räumliches Modell aufbauen(+)	Umgang mit mentalen Modellen (+)
			Divergent denken (+)	Divergentes Denken
			Repräsentation ändern	
				Bewertung/Evaluation

(+) /(-): positiver bzw. negativer Zusammenhang mit Aufgabenschwierigkeit

Das Merkmal *Kenntnis von Definitionen und Gesetzen* findet in Varianten in fast allen Ansätzen Verwendung. Bei PISA-E 2003 wird es aufgrund des vollständigen Facettendesigns nicht aufgeführt. Es besteht ein positiver Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit. In den Aufgabenmerkmalen von PISA 2000 (vorletzte Spalte) wird zusätzlich zwischen Faktenwissen und terminologischem Wissen unterschieden. Diese Unterscheidung soll jedoch nicht übernommen werden, vielmehr wird dieses Merkmal in seiner ursprünglichen Form (siehe Kapitel 4-9, Seite 71ff.) beibehalten:

*Merkmal 1: Kenntnis von Definitionen und Gesetzen* (Formel-, Begriffs- und Definitionswissen)<sup>(+)</sup><sup>10</sup>

Das Merkmal *Qualitatives Begriffverständnis* wird ebenfalls in seiner ursprünglichen Form übernommen:

*Merkmal 2: Qualitatives Begriffverständnis* (Verständnis für physikalische Begriffe über reine Definitionen hinaus)

Das Merkmal *Rechenfertigkeiten* wird in ähnlicher Form in fast allen Ansätzen verwendet. Ein positiver Zusammenhang mit der Aufgabenschwierigkeit konnte aber nur in einem Fall belegt werden. Auf eine Differenzierung zwischen *Rechnen* und *Umgang mit Termen/Kalkülen* soll verzichtet werden:

*Merkmal 3: Rechenfertigkeiten* (Umgang mit Zahlen, Funktionen, Kalkülen und Termen)

Das *Interpretieren von Diagrammen* bzw. Varianten davon findet sich als Aufgabenmerkmal in allen Ansätzen. Es steht in einem negativen Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit:

*Merkmal 4: Interpretation von Diagrammen* (Deutung von Darstellungen in Koordinatensystemen und anderen Diagrammtypen)<sup>(-)</sup><sup>11</sup>

Durch die Integration des Stufenmodells der Lesekompetenz ist das Anforderungsmerkmal *Textverständnis* überflüssig geworden. Auch das Verarbeiten von Textinformationen und die Länge des Aufgabentextes werden nicht als Aufgabenmerkmale berücksichtigt.

Für die Merkmale *Visuelles Vorstellungsvermögen*, *Fähigkeiten des Problemlösens* und *Verständnis formalisierter Gesetze* gibt es bei PISA keine Entsprechungen. Diese drei Merkmale bleiben daher unverändert:

---

<sup>10</sup> (+): Merkmal steht im positiven Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto schwerer ist die Aufgabe und umgekehrt.

<sup>11</sup> (-): Merkmal steht im negativen Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto leichter ist die Aufgabe und umgekehrt.

*Merkmal 5: Visuelles Vorstellungsvermögen* (bildliches und räumliches Vorstellungsvermögen)

*Merkmal 6: Fähigkeiten des Problemlösens* (Lösungswege selbstständig entwickeln)

*Merkmal 7: Verständnis formalisierter Gesetze* (Interpretation physikalischer Gleichungen)

Ein *Verständnis für funktionale Zusammenhänge* wird in der Mehrzahl der Ansätze berücksichtigt. Ein *Verständnis für Je-desto-Beziehungen*, wie es bei PISA 2000 separat betrachtet wird, soll als Teil dieses Merkmals betrachtet werden. Das Merkmal steht im positiven Zusammenhang mit der Schwierigkeit von Aufgaben:

*Merkmal 8: Verständnis für funktionale Zusammenhänge* (ähnlich Merkmal 7, allerdings rein mathematisch)<sup>(+)</sup>

Die Merkmale *Verständnis für Alltagssituationen*, *Verständnis für experimentelle Situationen* und *Verständnis für symbolische Zeichnungen* finden bei PISA keine Parallelen und werden unverändert übernommen:

*Merkmal 9: Verständnis für Alltagssituationen* (Notwendigkeit der Kenntnis spezieller Alltagssituationen)

*Merkmal 10: Verständnis für experimentelle Situationen* (Interpretation, Konstruktion, Beschreibung oder Durchführung eines Experiments, Umgang mit Geräten und Messinstrumenten)

*Merkmal 11: Verständnis für symbolische Zeichnungen* (Wissen um Skizzen, Zeichnungen oder Schaubilder, die spezifisch naturwissenschaftliche Bedeutungen tragen, zum Beispiel Kraftvektoren, Schaltzeichnungen oder Abbildungen experimenteller Aufbauten)

Ein Merkmal, das sich auf die Verarbeitung bildlicher Informationen bezieht, soll nicht eingeführt werden. Da das *Verständnis von Lesekompetenz* im Sinne von PISA bildliche Informationen als ‚nicht-kontinuierliche Texte‘ berücksichtigt (siehe Kapitel 4-11, Seite 89), ist dieses Merkmal dadurch im überarbeiteten Kategoriensystem bereits ausreichend berücksichtigt. Bildliche Informationen, die für Physik von besonderer Bedeutung sind, finden zusätzlich durch die Merkmale *Interpretation von Diagrammen* (Nr. 4) und *Verständnis für symbolische Zeichnungen* (Nr. 11) Beachtung.

Die *Überwindung von Fehlvorstellungen* wird bei PISA 2000 unter dem Begriff ‚Kontraintuitives Wissen‘ berücksichtigt. Es soll hier aber bei der Verwendung des verbreiteteren Begriffs ‚Fehlvorstellungen‘ bleiben. Es steht in einem positiven Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit:

*Merkmal 12: Überwindung von Fehlvorstellungen<sup>(+)</sup>*

Auf das Merkmal *Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen* wird im überarbeiteten Kategoriensystem verzichtet, da diese Anforderung bereits in den Kompetenzstufen der naturwissenschaftlichen Grundbildung als Prozess ‚Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen‘ enthalten ist (siehe Tabelle 4, Seite 81).

Die Merkmale *Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte* und *Fähigkeit zur Kooperation* bleiben unverändert. Für sie gibt es bei PISA keine Entsprechungen:

*Merkmal 13: Kenntnis älterer Unterrichtsinhalte* (Relevanz älterer Inhalte, die nicht unmittelbar mit dem gegenwärtigen Unterrichtsthema zu tun haben)

*Merkmal 14: Fähigkeit zur Kooperation* (Gruppenarbeit organisieren und zu einem Ziel führen)

Ein Merkmal, das die bei PISA berücksichtigten Anforderungen des konvergenten Denkens und Ziehens von richtigen Schlüssen umfasst, wird nicht zusätzlich eingeführt. Diese Anforderungen sind als Prozess bereits im Kompetenzstufenmodell zur naturwissenschaftlichen Grundbildung berücksichtigt (‚Umgehen mit Evidenz‘, siehe Tabelle 4, Seite 81).

Gleiches gilt für ein mögliches Merkmal ‚Sachverhalte verbalisieren‘. Dies ist durch den Prozess ‚Kommunizieren naturwissenschaftlicher Beschreibungen oder Argumente‘ schon im Kompetenzstufenmodell enthalten.

Im Hinblick auf PISA sollen aber zwei Anforderungsmerkmale ergänzt werden. Aufgabenschwierigkeit und Merkmal 15 stehen dabei in einem positiven Zusammenhang.

*Merkmal 15: Umgang mit mentalen Modellen* (Nutzung einer bildhaften Vorstellung zu einem naturwissenschaftlichen Sachverhalt)<sup>(+)</sup>

*Merkmal 16: Divergentes Denken* (Finden von möglichst vielen Lösungsmöglichkeiten)

Das Ändern einer Repräsentation und die Bewertung/Evaluation werden dagegen nicht als neue Aufgabenmerkmale eingeführt. ‚Repräsentation ändern‘ als einzelnes

Merkmal ist nicht notwendig, da Informationen über die Art von In- und Output (jeweils verbal, grafisch oder numerisch) bereits implizit in anderen Anforderungsmerkmalen (Nr. 3, 4, 5 und 11) enthalten sind. Bewerten und Evaluieren findet bereits durch die Skala ‚Reflektieren und Bewerten‘ der Lesekompetenzstufen Berücksichtigung.

Unverändert sind bei der Bewertung von Physikaufgaben die einzelnen Lösungsmöglichkeiten getrennt zu betrachten. In Anlehnung an KLIEME (2000) sollen die Anforderungsmerkmale aber auf einer vierstufigen Skala bewertet werden:

- 0 = ohne Bedeutung
- 1 = spielt bei der Lösung eine Rolle
- 2 = hohe Bedeutung
- 3 = entscheidend für Erfolg oder Misserfolg

### *Unterrichtsphasen*

Auch weiterhin wird zwischen der Erarbeitungsphase, der Übungsphase und der Leistungsmessungsphase unterschieden. Dabei ist nun jedoch zusätzlich in jedem Fall die Einschätzung der Aufgabe im Hinblick auf die Basismodelltheorie zu beachten.

In einem streng nach Basismodellen strukturierten Unterricht könnte auf diese Unterscheidung der Unterrichtsphasen auch verzichtet werden. Es bliebe lediglich weiterhin nötig, die Eignung einer Aufgabe für die Leistungsmessungsphase einzuschätzen. Um jedoch das überarbeitete Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben auch für Aufgaben nutzbar zu machen, die nicht auf Grundlage der Basismodelltheorie geplant wurden, soll an dieser Unterscheidung der Unterrichtsphasen festgehalten werden.

### *Datenblatt für Physikaufgaben*

Eine übersichtliche, zusammenfassende Darstellung des überarbeiteten Kategoriensystems zur Analyse von Physikaufgaben findet sich als „Überarbeitetes Datenblatt für Physikaufgaben“ im Anhang dieser Arbeit (siehe Anhang 3, Seite 241).



#### 4-13 LERNEN AUS LÖSUNGSBEISPIELEN

Trotz aller Bemühungen bei der Konstruktion von Aufgaben, diese an Lernprozessen der Schülerinnen und Schüler zu orientieren und im Hinblick auf die Lernwege und die fachlichen Schwierigkeiten zu variieren und differenzieren, wird es stets Lernende geben, die Schwierigkeiten beim Umgang mit einzelnen Aufgaben haben oder sogar gänzlich an ihnen scheitern. Für diese Schülerinnen und Schüler müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um auch ihnen einen Lernerfolg zu ermöglichen. Dazu empfiehlt es sich, anspruchsvollere und inhaltlich oder methodisch neue Aufgaben durch Lösungsbeispiele zu ergänzen.

Solche Lösungsbeispiele enthalten neben der ursprünglichen Aufgabenstellung einzelne Lösungsschritte und die vollständige Lösung selbst. Häufig findet man solche Lösungsbeispiele in Lehrbüchern für Mathematik und Physik, meist gefolgt von ähnlichen Aufgaben für die Lernenden, wobei das Potential des Lernens aus Lösungsbeispielen damit noch nicht ausgeschöpft ist (vgl. RENKL ET AL. 2003, S. 94).

Der Ansatz des Lernens aus Lösungsbeispielen bietet aus didaktischer Sicht für den Unterrichtseinsatz zwei wesentliche Vorteile (vgl. SCHWORM & RENKL 2002, S. 8):

1. Das Lernen aus Lösungsbeispielen ist leicht in den Unterricht zu integrieren.
2. Die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen ist empirisch sehr gut belegt.

##### *Lernen aus Lösungsbeispielen und Cognitive Load*

Die Effektivität des Lernens aus Lösungsbeispielen wird zumeist anhand der Cognitive-Load-Theorie erklärt (vgl. RENKL ET AL. 2003, S. 94f.). Dabei wird von einer beschränkten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses ausgegangen. Die Stärke des Cognitive Load, also die Belastung des Arbeitsgedächtnisses, hängt von den für eine bestimmte Aufgabe nötigen Informationen und kognitiven Operationen ab. Wird die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses überschritten, so häufen sich Fehler.

Es werden dabei drei Arten des Cognitive Load unterschieden:

1. *Intrinsic Load*: Belastung hängt von der Komplexität einer Aufgabe aus Sicht des Lerners und damit von seinem Vorwissen ab. Diese Art des Cognitive Load ist kaum von außen zu steuern.

2. *Extraneous Load*: Belastung durch Verarbeitungsprozesse, die nicht im Zusammenhang mit dem eigentlichen Wissenserwerb stehen; instruktional beeinflussbar. Diese Form des Cognitive Load wirkt sich negativ auf den Lernerfolg aus, besonders bei gleichzeitig hohem Intrinsic Load.
3. *Germane Load*: Kognitive Belastung durch Lernprozesse, z.B. durch den Aufbau von Schemata.

Das Ziel von Lernumgebungen muss es nun sein, den Germane Load zu maximieren, ohne durch den zusätzlichen Intrinsic und Extraneous Load das Arbeitsgedächtnis zu überlasten.

Werden Lernende mit einer Problemstellung konfrontiert, zu der sie nur geringes Vorwissen haben, wird folgender Prozess angenommen: Die Aufgabe ist aus Schülersicht komplex und führt daher zu einem hohen Intrinsic Load. Da die Lernenden noch nicht über problemspezifische Vorgehensweisen verfügen, müssen sie für die Verarbeitungsprozesse auf aufwändige, allgemeine Prozeduren zurückgreifen. Dies führt zu einem hohen Extraneous Load, der sich wegen des bereits hohen Intrinsic Load besonders negativ auswirkt. Für den entscheidenden Germane Load bleibt nur noch wenig Kapazität im Arbeitsgedächtnis. Verfrüht im Unterricht eingesetzte komplexe Problemstellungen binden also einen Großteil der kognitiven Ressourcen an den Problemlöseprozess, die dem eigentlichen Lernprozess dann nicht mehr zur Verfügung stehen. Das Lernen aus Lösungsbeispielen reduziert dagegen die Problemlöseaktivitäten. Der geringe Extraneous Load lässt ausreichend freie Kapazität für den Germane Load des Lernprozesses (ebd.; SCHWORM & RENKL 2002, S. 9; RENKL & SCHWORM 2002, S. 261).

Diese theoretische Erklärung zur Wirksamkeit des Lernens aus Lösungsbeispielen konnte bislang nicht direkt empirisch überprüft werden. Dies scheiterte an dem ungelösten Problem der Validierung des Cognitive Load. Die aus der Theorie abgeleiteten Hypothesen stimmen aber sehr gut mit den empirischen Befunden überein (vgl. RENKL ET AL. 2003, S. 100).

### *Gestaltung von Lösungsbeispielen*

Lernen aus Lösungsbeispielen ist nicht automatisch erfolgreich, „selbstverständlich ist es von Bedeutung, wie die einzelnen Lösungsbeispiele gestaltet sind“ (SCHWORM

& RENKL 2002, S. 11). Lösungsbeispiele müssen so gestaltet werden, dass ihre Verarbeitung möglichst wenig kognitive Kapazität beansprucht (vgl. RENKL ET AL. 2003, S. 100). Schülerinnen und Schüler profitieren aber auch dann nur vom Lernen aus Lösungsbeispielen, wenn sie darüber nachdenken, „welches Rationale hinter den präsentierten Lösungsschritten steht“ (SCHWORM & RENKL 2002, S. 9).

Der Lernerfolg ist dann am größten, wenn Lernende in den Lösungsbeispielen dazu aufgefordert werden, sich die Lösungsschritte selbst zu erklären. Instruktionale Erklärungen, die den Prozess des Selbsterklärens einschränken, wirken sich dagegen eher negativ aus (vgl. RENKL & SCHWORM 2002, S. 269). Vor diesem Hintergrund wurden Regeln entwickelt, die eine produktive Selbsterklärungsaktivität beim Lernen mit Lösungsbeispielen sicherstellen sollen, die SEASITE-Prinzipien (Self-Explanation Activity Supplemented by InsTructional Explanations). Die beiden zentralen Prinzipien lauten dabei:

1. So viel Selbsterklärung wie möglich, so viel instruktionale Erklärungen wie nötig (instruktionale Erklärungen nur als Notfallhilfe und nur nach Abruf durch den Lerner)
2. Rückmeldung (zur Reduktion von Verständnisillusionen)  
(vgl. RENKL 2001, S. 45; SCHWORM & RENKL 2002, S. 10)

### *Lernen aus Lösungsbeispielen vs. selbstständiges Problemlösen*

Im empirischen Vergleich mit selbstständigem Problemlösen zeigt das Lernen aus Lösungsbeispielen stärkere positive Effekte (vgl. STARK ET AL. 2000, S. 208). Allerdings gilt dies nur für die Phase, in der sich Schülerinnen und Schüler noch bereichsspezifische Verfahren und Kenntnisse aneignen müssen. In späteren Phasen ist selbstständiges Problemlösen dann erfolgreicher als das Lernen aus Lösungsbeispielen (vgl. RENKL & ATKINSON 2003, S.15).

Doch auch in späteren Lernphasen können Lösungsbeispiele eine sinnvolle Ergänzung zum selbstständigen Problemlösen darstellen, etwa als Hilfe bei Verständnisschwierigkeiten oder fehlendem Wissen. Zudem sind Lösungsbeispiele ein Mittel zur Selbstkorrektur: Fehler in eigenen Lösungen können durch den Vergleich mit einem Musterbeispiel selbstständig identifiziert und korrigiert werden (vgl. STARK ET AL. 2000, S. 208). Probleme und ‚Nebenwirkungen‘, die mit jeweils einem der Ansätze verbunden sind, können zudem durch die Kombination von

selbstständigem Problemlösen und dem Lernen aus Lösungsbeispielen gemildert werden (ebd., S. 216). Die Effektivität der Kombination beider Methoden konnte auch empirisch gezeigt werden (vgl. RENKL ET AL. 2002).

#### **4-14 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 4**

Nach einer kurzen Darstellung der Rolle von Aufgaben in der Didaktik in der Zeit vor der TIMS-Studie, wurde auf die Impulse eingegangen, die diese Studien für die Diskussion über Aufgaben gebracht hat. Die Rolle von Aufgaben und damit verbundene Anforderungen im Rahmen einer neuen Aufgabenkultur wurden diskutiert. Im Hinblick auf die Konstruktion von Physikaufgaben wurden aktuelle Ansätze aus der Literatur zusammengefasst und eine auf der Theorie der Basismodelle fußende Aufgabenkonstruktion präsentiert. Zur Analyse von Physikaufgaben wurde ein bereits bestehendes Kategoriensystem vorgestellt. Für die Weiterentwicklung dieses Systems sind Aufgabenanalysen im Rahmen von TIMSS und PISA zusammengefasst worden. Darauf aufbauend wurde ein überarbeitetes Kategoriensystem entwickelt. Abschließend wurde der Ansatz des Lernens aus Lösungsbeispielen im Rahmen der Cognitive Load Theorie dargestellt.

# *EMPIRISCHER TEIL*

## **KAPITEL 5**

### **ZIELE, HYPOTHESEN, DESIGN UND INSTRUMENTE**

---

<b>5-1 ZIELE UND HYPOTHESEN</b>	<b>107</b>
<b>5-2 STUDIENDESIGN</b>	<b>109</b>
INTERVENTIONSSTUDIE IM KONTROLLGRUPPENDESIGN	109
AUFGABENENTWICKLUNG	111
<b>5-3 ERHEBUNGSINSTRUMENTE</b>	<b>113</b>
VIDEOGRAFIERUNG	113
KODIERVERFAHREN ZUR VIDEOANALYSE	115
LEISTUNGSTESTS	115
INTERESSEN- UND MOTIVATIONSTESTS	117
ERHEBUNG VON KONTROLLVARIABLEN	118
<b>5-4 WEITERER AUFBAU DES EMPIRISCHEN TEILS</b>	<b>119</b>
<b>5-5 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 5</b>	<b>120</b>

---

#### **5-1 ZIELE UND HYPOTHESEN**

Grundlage des empirischen Teils dieser Arbeit ist die Theorie der Basismodelle (siehe Kapitel 3, Seite 37). Sie soll als Handlungsrahmen für Lehrerinnen und Lehrer dienen und positiv auf Leistung und Motivation von Schülerinnen und Schülern wirken. Auf Grundlage der Basismodelltheorie konstruierte Aufgaben sollen dabei helfen, den Unterricht der Theorie entsprechend zu strukturieren. Dies sollte für einen unabhängigen Beobachter wahrnehmbar sein.

Basismodellorientierte Aufgaben und basismodellorientierter Unterricht stehen dabei in einem gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis: Es ist die Funktion der Aufgaben,

die Struktur des Unterrichts in Richtung der Basismodelle zu beeinflussen. Darüber hinaus ist aber auch die Wirkung der Aufgaben auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler von Interesse. Dazu ist es sinnvoll, basismodellorientierte Aufgaben zunächst nicht in einem beliebigen Unterricht, sondern in einem bereits an Basismodellen orientierten Unterricht zu erproben. In dieser Konstellation ist ein maximaler Effekt zu erwarten, der als obere Schranke für den Erfolg basismodellorientierter Aufgaben in nicht auf Basismodellen beruhenden Unterrichtssituationen angesehen werden kann.

Neben Physikaufgaben rückt somit der Physikunterricht als Ganzes in den Vordergrund der empirischen Untersuchung. Wenn es im Hinblick auf die Wirksamkeitsuntersuchung der Aufgaben notwendig ist, auf einen basismodellorientierten Unterricht aufzubauen, so soll diese Gelegenheit genutzt werden, auch den basismodellorientierten Physikunterricht selbst näher zu untersuchen. Dabei stellt sich zum einen die Frage nach der Realisierbarkeit basismodellorientierten Physikunterrichts, d.h. ob es möglich ist Physikunterricht langfristig und durchgängig an Basismodellen zu orientieren und ob diese Basismodellorientierung für einen unabhängigen Beobachter wahrnehmbar ist. Darüber hinaus ist der Einfluss der Basismodelle auf die Leistung und die Motivation der Schülerinnen und Schüler von Interesse.

Zusammenfassend sollen in diesem Teil der Arbeit folgende Hypothesen überprüft werden:<sup>12</sup>

**Hypothesen über Physikaufgaben**

HPA1 Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.

HPA2 Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

**Hypothesen über Physikunterricht**

HPU1 Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.

HPU2 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

HPU3 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.

<sup>12</sup> Zur Erleichterung der Lesbarkeit werden die fünf Hypothesen nun meist nicht mehr ausformuliert, sondern nur noch mit ihren Abkürzungen bezeichnet. Um während der weiteren Lektüre unnötiges Blättern zu vermeiden, sind die Hypothesen noch einmal im hinteren Umschlag abgedruckt.

Die jeweils ersten Hypothesen (HPA1 und HPU1) beziehen sich zum einen auf die praktische Umsetzbarkeit der Basismodelltheorie, zum anderen darauf, dass sich die entsprechenden Veränderungen im Unterricht durch unabhängige Kodierer reliabel bestätigen lassen. Diese beiden Aspekte wurden hier unter dem Begriff „realisierbar“ zusammengefasst.

Die zweiten Hypothesen (HPA2 und HPU2) beziehen sich auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler. Dabei ist aufgrund des bei den Aufgaben zu erwartenden kurzen Interaktionszeitraums an dieser Stelle nur ein geringer Effekt zu erwarten (HPA2). Auch im Bezug auf den Unterricht sind Ausgangsvoraussetzungen, Dauer der Intervention und mögliche Überlagerungen anderer Einflussfaktoren zu berücksichtigen (HPU2).

Da ein möglicher Einfluss auf die Motivation von Schülerinnen und Schülern überhaupt nur über einen längeren Zeitraum hinweg zu erwarten ist, wird eine entsprechende Hypothese nur für den Physikunterricht formuliert (HPU3), nicht für Physikaufgaben.

Aufbauend auf diese Hypothesen soll im Folgenden das Design der Studie vorgestellt werden.

## 5-2 STUDIENDESIGN

### *Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign*

Die Untersuchung der Wirksamkeit basismodellorientierter Aufgaben und basismodellorientierten Unterrichts im Vergleich zu „normalem“, nicht verändertem Unterricht macht eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign notwendig. Ein solches Design war ursprünglich bereits von REYER (2003a) geplant, später jedoch wieder verworfen worden:

„Die ursprüngliche Idee eines Kontrollgruppen-Designs zur Evaluation einer Intervention mit Basismodellen wurde fallen gelassen. Einerseits erwiesen sich erste Versuche, die Theorie der Basismodelle in die Unterrichtspraxis zu implementieren, als sehr schwierig, da die erfahrenen, routinierten Lehrer der Treatment-Gruppe dazu neigten, die Unterrichtsplanung anhand der Basismodelle vorschnell ihren bestehenden und subjektiv funktionierenden Handlungsrouninen anzupassen – mit dem Ergebnis, dass sich an der Unterrichtspraxis nur wenig geändert hat; über dieses stabile subjektive Handlungswissen ist zudem bislang wenig bekannt.“ (REYER 2003a, S. 21)

Aufgrund dieser Erfahrungen wurde entschieden, nur die Kontrollgruppe von einem erfahrenen Lehrer unterrichten zu lassen. Um in der Interventionsgruppe eine Basismodellorientierung des Unterrichts sicherzustellen, wurde sie vom Autor dieser Arbeit unterrichtet. Zum Zeitpunkt der Studie verfügte dieser lediglich über ein erstes Staatsexamen, seine Unterrichtserfahrung beschränkte sich auf einen Physikkurs der Stufe 11, den er im Schuljahr 2001/2002 gemeinsam mit dem Lehrer der Kontrollgruppe unterrichtet hatte.

Die Hauptstudie selbst fand in zwei Physikkursen der Stufe 11 eines Dortmunder Gymnasiums statt. Die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf beide Kurse musste direkt zu Schuljahresbeginn vorgenommen werden und konnte daher nur nach oberflächlichen Merkmalen stattfinden: In beiden Kursen sollten möglichst die Verhältnisse von Schülerinnen und Schülern sowie von Klausurteilnehmern und Nicht-Klausurteilnehmern ähnlich sein:

Tabelle 11: Zusammensetzung von Interventions- und Kontrollgruppe nach Geschlecht und Teilnahmeart

	Geschlecht		Teilnahme	
	weiblich	männlich	Klausur	mündlich
Interventionsgruppe	3	10*	5	8*
Kontrollgruppe	3	11	5	9

*\*: Ursprünglich war die Verteilung in beiden Kursen identisch. Ein mündlich teilnehmender Schüler verließ die Interventionsgruppe jedoch nach einem Halbjahr.*

Als Interventionszeitraum diente das gesamte Schuljahr 2002/2003. Die inhaltliche und zeitliche Planung des Unterrichts fand in Kooperation beider Kurslehrer statt. Dazu gehörten gemeinsam genutztes Unterrichtsmaterial sowie gemeinsame Klausuren und schriftliche Leistungsüberprüfungen. Diese Kooperation verlief – wohl auch aufgrund der Zusammenarbeit im vorangegangenen Schuljahr – völlig reibungslos.

Die eigentliche Unterrichtsplanung fand allerdings getrennt statt: Während der Unterricht der Interventionsgruppe stets auf Grundlage der Basismodelltheorie stattfand, blieb die genaue Planung des Kontrollgruppenunterrichts dem Lehrer der Kontrollgruppe überlassen. Dieser wurde erst nach Ende der Intervention mit der Basismodelltheorie vertraut gemacht.

Als Teil des basismodellorientierten Unterrichts der Interventionsgruppe kamen auch Aufgaben zum Einsatz, die nach Basismodellen entwickelt wurden. Im nächsten Abschnitt wird auf die Entwicklung dieser Aufgaben eingegangen.



### *Aufgabenentwicklung*

Vor der eigentlichen Entwicklung basismodellorientierter Aufgaben musste zunächst entschieden werden, welche Inhalte und welche Basismodelle Berücksichtigung finden sollten. Ziel war es, verschiedene Basismodelle zu verwenden und dabei zentrale Inhalte der Physik der Jahrgangsstufe 11 anzusprechen. Gleichzeitig musste im Hinblick auf die Hypothese HPA2 sichergestellt werden, dass zumindest bei einigen Aufgaben die Inhalte gezielt durch Tests erfasst werden konnten.

Nach Auswahl zentraler Inhalte und geeigneter Basismodelle wurden die Aufgaben den jeweiligen Handlungsketten entsprechend konstruiert (siehe Kapitel 4-8, Seite 64). Auch wenn es generell nicht notwendig ist, dass eine Aufgabe jeweils eine ganze Handlungskette umfasst, so wurde dies dennoch bei den für den Einsatz in der Studie vorgesehenen Aufgaben angestrebt. Dies geschah jedoch bereits mit Blick auf die Hypothese HPA2: Um den Einfluss basismodellorientierter Aufgaben auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler zu überprüfen, sollte die Interaktion zwischen Lernenden und Aufgaben möglichst von der Interaktion zwischen Lernenden und Lehrer getrennt werden. Andernfalls ist nicht zu unterscheiden, ob mögliche Lernerfolge auf die Interaktion mit den Aufgaben oder mit dem Lehrer zurückzuführen sind. Daher wurde schon bei der Entwicklung der Aufgaben darauf hingearbeitet, die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig mit den Aufgaben arbeiten und sie dabei möglichst ein ganzes Basismodell nachvollziehen zu lassen.

Letztlich wurden vier Aufgaben zu zwei Basismodellen entwickelt, wobei die vierte Aufgabe im Rahmen einer Staatsexamensarbeit (KAUERTZ 2003) entstand:

1. Das Erste Newtonsche Axiom (Basismodell Routinebildung)
2. Das Zweite und Dritte Newtonsche Axiom (Basismodell Routinebildung)
3. Impulserhaltung (Basismodell Theoriebildung)
4. Umgang mit Graphen (Basismodell Theoriebildung)

Um einen weitgehend selbstständigen Umgang der Schülerinnen und Schüler mit den Aufgaben sicherzustellen, konnten die Aufgaben jedoch nicht ohne weiteres in der Studie eingesetzt werden. Um mögliche Interaktionen mit dem Lehrer während der Aufgabenbearbeitung auf ein Minimum zu reduzieren, war zu prüfen, ob die Aufgaben klar und verständlich formuliert und ausreichende Differenzierungen vorgesehen worden waren, um Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher

physikalischer Kompetenz eine erfolgreiche Bearbeitung zu ermöglichen. Zur Entkopplung der Aufgabenbearbeitung von einer möglichen Einflussnahme der Lehrperson wurden außerdem Musterlösungen angefertigt, die eine eigenständige Evaluation der Handlungen im Sinne des Basismodells Routinebildung (Basismodell 7, Handlungskettenelement 4) ermöglichen sollten. Die Gestaltung der Musterlösungen orientierte sich dabei an Erkenntnissen zum Lernen aus Lösungsbeispielen (siehe Kapitel 4-13, Seite 103). Auch diese Musterlösungen müssen in ihrer Sprache für die Schülerinnen und Schüler klar und verständlich sein und zusätzlich dabei helfen, die eigene Lösung zuverlässig als richtig oder falsch zu identifizieren.

Insgesamt wurde damit eine Vorstudie notwendig, in der die Aufgaben und die weiteren Materialien getestet und überarbeitet wurden (siehe Kapitel 6, Seite 121), bevor sie in der eigentlichen Studie – im folgenden Text nun Hauptstudie genannt – zum Einsatz kamen.

Letztlich kamen allerdings nur die beiden Aufgaben zu den Newtonschen Axiomen in der Hauptstudie zum Einsatz. Dabei wurden sie zu einem Aufgabenmodul „Newtonsche Axiome“ zusammengefasst. Dieses Aufgabenmodul findet sich in seiner endgültigen Form, in der es auch letztlich im Unterricht eingesetzt wurde, im Anhang (siehe Anhang 4, Seite 245). Zwei Teilaufgaben dieses Moduls stammen aus DREYER (1999), alle übrigen Teilaufgaben wurden aus dem „Force Concept Inventory“ (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER 1992) in der Übersetzung von SCHECKER & GERDES entnommen und dabei teilweise modifiziert (zu diesen Modifizierungen siehe insbesondere Kapitel 6-3, Seite 124). Statt aber mit dem Force Concept Inventory das Schülerverständnis zu zentralen Aspekten der Newtonschen Mechanik zu erheben, werden die Aufgaben zur Thematisierung einiger zentralen Aspekte der Newtonschen Axiome verwendet, um diese im Sinne von Routinebildung zu üben. Warum ein Großteil der Elemente des Aufgabenmoduls ausgerechnet einem standardisierten Mechaniktest entnommen wurde, wird im folgenden Kapitel über die Erhebungsinstrumente erläutert.

### 5-3 ERHEBUNGSINSTRUMENTE

Welche Erhebungsinstrumente sind notwendig, um die in Kapitel 5-1 (siehe Seite 107) formulierten Hypothesen im Rahmen der Hauptstudie untersuchen zu können? Dieser Frage wird im Folgenden nachgegangen.

Die jeweils ersten Hypothesen (HPA1 und HPU1) beziehen sich auf die Realisierbarkeit von basismodellorientiertem Unterricht und eben solchen Aufgaben. Dies umfasst die langfristige Orientierung von Unterricht an Basismodellen. Dazu wurde vor jeder Unterrichtsstunde der Interventionsgruppe ein Planungsbogen ausgefüllt, in dem die geplanten Inhalte sowie die zu Grunde liegenden Basismodelle festgehalten wurden. Darin enthalten war ein Verlaufsplan, dessen Phasen die Handlungsketten der verwendeten Basismodelle abbilden mussten.

Der Aspekt der Realisierbarkeit meint aber auch, dass sich Charakteristika eines basismodellorientierten Unterrichts in den Urteilen unabhängiger Kodierer widerspiegeln. Welche Charakteristika dies sind, bleibt allerdings zunächst offen. Nach den Ergebnissen von REYER (2003a) ist davon auszugehen, dass normaler deutscher Physikunterricht, wie er auch für die Kontrollgruppe erwartet wird, keine Auffälligkeiten aufweist, die auf eine Basismodellorientierung hindeuten könnten. Für die Interventionsgruppe kann dagegen angenommen werden, dass dort Unterricht an Basismodellen ausgerichtet wird. Es bleibt zu klären, ob sich in Folge dessen auch Unterschiede in den Kodiererurteilen zeigen. Welche Unterschiede dies sein könnten, hängt selbstverständlich vom Kodierverfahren ab und wird an späterer Stelle diskutiert werden (siehe Kapitel 9, Seite 167). Hier ist allerdings schon jetzt offensichtlich, dass es zur Überprüfung der Hypothesen HPA1 und HPU1 notwendig ist, den Unterricht zu videografieren und die Videodaten anschließend mit einem geeigneten Kodierverfahren zu analysieren.

#### *Videografierung*

Während der Studie wurden alle Unterrichtsstunden der Interventionsgruppe videografiert. Dies diente zusätzlich als Treatment-Check. Ausgenommen wurden lediglich Stunden, in denen Klausuren, schriftliche Leistungsüberprüfungen oder

Tests im Rahmen der Hauptstudie stattfanden. Die Kontrollgruppe wurde stichpunktartig videografiert. Die folgende Tabelle gibt Aufschluss über die Zahl der videografierten Stunden.

Tabelle 12: Überblick über die im Rahmen der Hauptstudie videografierten Stunden

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe	
	videografierte Stunden	Gesamt- stundenzahl	videografierte Stunden	Gesamt- stundenzahl
1. Halbjahr (Elektrizitätslehre)	41	41	6	41
2. Halbjahr (Mechanik)	46	46	9	40

In der Tabelle fällt auf, dass in der Interventionsgruppe im zweiten Halbjahr sechs Stunden mehr Unterricht erteilt wurden. Dies ist auf eine Erkrankung des Lehrers der Kontrollgruppe in und nach den Osterferien 2003, also nach etwa drei Vierteln der Interventionszeit, zurückzuführen. Die parallele Durchführung des Unterrichts wurde weitgehend dadurch wieder hergestellt, dass in den zwei Wochen, in denen der Unterricht nur in der Interventionsgruppe stattfand, ein nicht obligatorischer Gegenstand des Lehrplans vertieft wurde. Anschließend wurde in beiden Kursen wieder parallel unterrichtet. Entgegen der ursprünglichen Planung war es durch den effektiven Verlust von zwei Unterrichtswochen aber nicht mehr möglich, die eigens entwickelte Aufgabe „Impulserhaltung“ einzusetzen.

In Anlehnung an die TIMSS-Videostudie (STIGLER & FERNANDEZ 1995) wurde in den videografierten Stunden die Kamera in der Regel lehrerzentriert geführt. Die Schülerinnen und Schüler wurden mit eingeschlossen, sofern sie sich im Aktionsradius des Lehrers befanden. In Phasen der Einzel-, Partner- oder Gruppenarbeit wurde die Lehrerzentrierung der Kamera aufgegeben und die Kamera auf einzelne Schüler(-gruppen) gerichtet.

Fast alle videografierten Stunden wurden von trainierten Hilfskräften aufgezeichnet. Lediglich eine Doppelstunde der Interventionsgruppe musste wegen der kurzfristigen Erkrankung einer Hilfskraft mit einer unbewegten Totalenkamera aufgezeichnet werden.

Aufgrund der Dichte der zu videografierenden Stunden (im Durchschnitt mehr als drei pro Unterrichtswoche) wurde versucht, den technischen Aufwand möglichst gering zu halten. Letztlich kamen ein Camcorder und ein Richtmikrophon zum Einsatz, die eine zufrieden stellende Bild- und Tonqualität lieferten.

*Kodierverfahren zur Videoanalyse*

Ein mögliches Kodierverfahren zur Analyse von Unterricht im Hinblick auf Basismodelle liefert REYER (2003a). Zu Beginn der Studie konnte jedoch noch keine Aussage über die Qualität des Kodierverfahrens gemacht werden. Daher wurde die Vorstudie genutzt, um ein alternatives Kodierverfahren zu entwickeln und zu erproben. Dieses Kodierverfahren wird jedoch erst im Kapitel zur Vorstudie erläutert (siehe Kapitel 6-2, Seite 122).

*Leistungstests*

Die Hypothesen HPA2 und HPU2 beziehen auf die Leistungsentwicklung von Schülerinnen und Schülern durch basismodellorientierte Aufgaben und basismodellorientierten Unterricht. Um diese Entwicklung einschätzen zu können ist es notwendig, in einem Pre-Post-Test Design einen Leistungstest zunächst zu Beginn der Intervention durchzuführen und diesen dann am Ende des Interventionszeitraumes zu wiederholen. Der Pre-Test gibt dann Auskunft über die Ausgangsvoraussetzungen beider Gruppen. Unterschiede zwischen Pre- und Post-Test zeigen Lernerfolge in den Gruppen auf.

In der Hauptstudie kam hierzu ein TIMSS-Aufgabentest zum Einsatz. Bei der Verwendung des TIMSS-Tests als Post-Test machte allerdings die schon erwähnte Erkrankung des Lehrers der Kontrollgruppe nach drei Vierteln der Intervention eine Anpassung des Studiendesigns notwendig. Da die Dauer der Erkrankung zunächst nicht abzusehen war, bestand die Gefahr, durch unterschiedliche Lernzeiten in beiden Gruppen die Vergleichbarkeit der Daten zu gefährden. Daher wurde der Post-Test nicht am Ende der Intervention, sondern direkt nach den Osterferien 2003 durchgeführt. Bis zu diesem Zeitpunkt waren beide Gruppen parallel unterrichtet worden.

Der verwendete TIMSS-Aufgabentest setzt sich aus ausgewählten Items der TIMSS-Tests für die Populationen II (7./8. Jahrgangsstufe) und III (Ende der Sekundarstufe II) zusammen: 63 Items für die TIMSS-Populationen II und 21 Items für die Population III. Auswahlkriterium für die Items war die Abdeckung des Lernstoffs der Sekundarstufe I sowie die Berücksichtigung von Inhalten der Jahrgangsstufe 11. Dabei wurden auch Mathematikitems berücksichtigt, die physikspezifische

Kompetenzen betreffen (z.B. Umgang mit Graphen). Die Bearbeitungszeit betrug für Pre- und Post-Test jeweils zwei Schulstunden.

Vorteile eines auf TIMSS-Items beruhenden Tests sind darin zu sehen, dass die einzelnen Aufgaben ausreichend getestet wurden und insbesondere die Distraktoren sinnvoll formuliert sind. Außerdem könnten die Ergebnisse bei Bedarf mit den nationalen oder internationalen Gesamtpopulationen verglichen werden. Nachteilig ist die hohe Stabilität der Ergebnisse: selbst nach einem ganzen Schuljahr sind nur bedingt bessere Ergebnisse zu erwarten.

Daher wurden zur Erhebung der Schülerleistungen zusätzlich nach beiden Halbjahren inhaltsbezogene Tests eingesetzt: nach dem ersten Halbjahr ein Test zur Elektrizitätslehre, nach dem zweiten Halbjahr ein Test zur Mechanik. Darin wurde speziell auf den Unterricht der beiden Gruppen bezogene Items verwendet.

Für den Test zur Elektrizitätslehre wurde zunächst auf folgende Quellen zurückgegriffen:

- den „Conceptual Survey in Electricity (CSE)“ (MALONEY, O’KUMA, HIEGGELKE & VAN HEUVELEN 2001),
- innerhalb der Arbeitsgruppe bereits entwickelte Testaufgaben (REYER ET AL. 2002),
- innerhalb der Arbeitsgruppe entwickelte Übungsaufgaben (WIRZ & LABUSCH 2002),
- sowie Aufgaben aus der weiteren fachdidaktischen Literatur (NACHTIGALL & ZEYER 1990; MSWF 2001).

Ausgewählte Items dieser Quellen wurden soweit nötig durch einzelne selbstständig erstellte Items zur Elektrizitätslehre ergänzt.

Der Test zur Mechanik besteht aus zwei Teilen. Für den ersten, den allgemeinen Teil wurde wiederum auf vorhandene Quellen zurückgegriffen:

- den „Mechanics Baseline Test“ (HESTENES & WELLS 1992),
- den „Test of Understanding Graphs - Kinematics“ (BEICHNER 1996)
- und innerhalb der Arbeitsgruppe bereits entwickelte Testaufgaben (REYER ET AL. 2002)

Hinzu kamen ein veröffentlichtes PISA-Item sowie mehrere im Hinblick auf den vorangegangenen Unterricht selbst konstruierte Aufgaben.

Dem zweiten Teil des Tests zur Mechanik kommt eine besondere Rolle innerhalb der Leistungstests zu. Alle Leistungstests dienen zur Bewertung des Lernerfolgs im

Unterricht insgesamt, beziehen sich also auf die Hypothese HPU2. Der zweite Teil des Mechaniktests zielt zusätzlich auf die Beantwortung der Hypothese HPA2, eingeschränkt auf den Inhalt des Aufgabenmoduls „Newtonsche Axiome“. Wie bereits zuvor erwähnt, setzt sich dieses Aufgabenmodul im Wesentlichen aus Teilaufgaben des „Force Concept Inventory“ (HESTENES, WELLS & SWACKHAMER 1992) zusammen. Der zweite Teil des Tests zur Mechanik entspricht daher genau dem Force Concept Inventory. Das im Unterricht eingesetzte Aufgabenmodul und der Inhaltstest sind damit so aufeinander abgestimmt, dass es möglich wird, den speziell mit diesem Aufgabenmodul verbundenen Lernerfolg zu messen. Um zu aussagekräftigen Daten zu kommen, ist dabei natürlich die genaue Implementation des Aufgabenmoduls in der Interventionsgruppe sowie die Implementation der gleichen Inhalte in der Kontrollgruppe zu beachten. Dies wird in Kapitel 7-2 beschrieben (siehe Seite 138).

Die Bearbeitungszeit sowohl des Tests zur Elektrizitätslehre als auch des Mechaniktests betrug jeweils eine Schulstunde.

#### *Interessen- und Motivationstests*

Die Hypothese HPU3 macht es notwendig, die Entwicklung des Interesses und der Motivation ebenfalls durch ein Pre-Post-Test Design zu untersuchen. Dazu wurde der Interessen- und Motivationsfragebogen „InMo“ eingesetzt.

Bei dem Interessen- und Motivationsfragebogen InMo handelt es sich um eine von REYER (2003a) vorgenommene Weiterentwicklung des TIMSS-Hintergrundfragebogens. Aus diesem wurden 38 Skalen ausgewählt, die sich auf fachliche Interessen und Einstellungen, Freizeitinteressen sowie die eigene Wahrnehmung vom Lernen und vom Physikunterricht beziehen. Bei einigen Skalen wurde auf wenig aussagekräftige Items verzichtet. Die Items sind jeweils auf einer vierstufigen Likert-Skala zu beantworten; die Items zu Freizeitinteressen verfügen abweichend über eine fünfstufige Likert-Skala (vgl. REYER 2003a, S. 86f.). Für den InMo betrug die Bearbeitungszeit jeweils eine Schulstunde.

*Erhebung von Kontrollvariablen*

Empirische Untersuchungen in der Schulrealität werden von einer ganzen Reihe von möglichen Störvariablen überlagert, beginnend bei der Persönlichkeit der Lehrerinnen und Lehrer bis hin zum sozialen Hintergrund der Schülerinnen und Schüler. Es ist zwar wünschenswert, solche Störvariablen zu erfassen und zu kontrollieren – also sie von einer Stör- zu einer Kontrollvariablen zu machen –, dies muss aber den damit verbundenen Aufwand rechtfertigen. Dabei ist auch die Belastung der Probanden durch Tests und Fragebögen zu berücksichtigen. In dieser Studie werden die Probanden bereits erheblich durch solche Instrumente belastet:

- der TIMSS-Aufgabentest vor und nach drei Vierteln der Intervention (insgesamt vier Unterrichtsstunden)
- zwei inhaltsbezogene Tests zu den Themen der beiden Halbjahre (insgesamt zwei Unterrichtsstunden)
- der Interessen- und Motivationsfragebogen vor und nach der Intervention (insgesamt zwei Unterrichtsstunden)

Die Testbelastung beläuft sich also bereits auf insgesamt acht Unterrichtsstunden, was knapp drei Schulwochen in einem Unterrichtsfach entspricht. Gleichzeitig ist, insbesondere in der Interventionsgruppe, die ständige Konfrontation mit der Videokamera zu berücksichtigen. Zusätzliche Tests sollten deshalb auf ein Minimum reduziert werden.

Daher wird im Rahmen der Hauptstudie nur noch die allgemeine Intelligenz als Kontrollvariable erhoben. Die allgemeine Intelligenz ist für den Lernerfolg entscheidend mitverantwortlich. Unterschiedliche Entwicklungen in Kontroll- und Interventionsgruppe könnten daher auch auf unterschiedliche Ausgangsvoraussetzungen hinsichtlich der Intelligenz zurückzuführen sein. Als Intelligenztest wurde der „Kognitive Fähigkeitstest (KFT)“ (HELLER & PERLETH 2000) eingesetzt. Dabei werden verbale, quantitative und nonverbale Fähigkeiten erhoben und zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst. Es wurde eine Kurzfassung des KFT verwendet, deren Durchführung zwei Schulstunden in Anspruch nimmt. Die Gesamttestbelastung für die Schülerinnen und Schüler belief sich also auf zehn Unterrichtsstunden, was im Umfang mehr als drei Unterrichtswochen entspricht.



#### **5-4 WEITERER AUFBAU DES EMPIRISCHEN TEILS**

Im nächsten Kapitel wird zunächst die Vorstudie dargestellt. Wie bereits erwähnt wurde sie nötig, um die entwickelten Aufgaben zu überarbeiten und ein Kodierverfahren zur Analyse der Videos zu testen. Im daran anschließenden Kapitel werden, bezogen auf die einzelnen Hypothesen, die wesentlichen Punkte des Studiendesigns noch einmal zusammengefasst und zum Teil auch vertieft. Darauf aufbauend werden die für die jeweilige Hypothese relevanten, aus den Erhebungsinstrumenten gewonnenen Daten dargestellt und die Hypothese abschließend bewertet. Anschließend werden die Ergebnisse der Hauptstudie zusammenfassend diskutiert. Den Abschluss dieser Arbeit bilden die Gesamtzusammenfassung und der Ausblick.

## 5-5 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 5

In Rahmen dieser Arbeit werden fünf Hypothesen zur Anwendung der Basismodelle im Physikunterricht überprüft:

### **Hypothesen über Physikaufgaben**

HPA1 Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.

HPA2 Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

### **Hypothesen über Physikunterricht**

HPU1 Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.

HPU2 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

HPU3 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.

Zur Beantwortung der Hypothesen HPA1 und HPU1 wird der Unterricht videografiert (in der Interventionsgruppe vollständig, in der Kontrollgruppe stichpunktartig), um die Videodaten anschließend von unabhängigen Beobachtern kodieren zu lassen.

Zur Beantwortung der Hypothesen HPA2 und HPU2 werden ein TIMSS-Aufgabentest als Pre-Post-Test sowie zusätzlich nach jedem Halbjahr ein inhaltsspezifischer Test durchgeführt. Dabei bezieht sich ein Teil des zweiten inhaltsspezifischen Tests auf das zum Einsatz kommende Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“.

Zur Beantwortung der Hypothese HPU3 wird ein Interessen- und Motivationsfragebogen als Pre-Post-Test eingesetzt.

Zusätzlich wird die allgemeine Intelligenz der Schülerinnen und Schüler als Kontrollvariable erhoben.

## KAPITEL 6

### VORSTUDIE

---

<b>6-1 ZIELE</b>	<b>121</b>
<b>6-2 DESIGN DER VORSTUDIE</b>	<b>122</b>
ANLAGE DER UNTERSUCHUNG	122
ENTWICKLUNG EINES KODIERVERFAHRENS ZUR IDENTIFIKATION VON BASISMODELLHANDLUNGEN	123
AUSWAHL UND TRAINING DER KODIERER	124
<b>6-3 ERGEBNISSE: SPRACHLICHE UND INHALTLICHE ANALYSE</b>	<b>124</b>
BEISPIEL I: ERKLÄRUNG VON FACHBEGRIFFEN	125
BEISPIEL II: VERÄNDERUNG VON ABBILDUNGEN UND ANTWORTFORMATEN	125
BEISPIEL III: ZUSÄTZLICHE ERLÄUTERUNGEN ZUM DRITTEN NEWTONSCHEN AXIOM	129
ZUSAMMENFASSUNG DER AUFGABENMODULE „NEWTON I“ UND „NEWTON II/III“	130
<b>6-4 ERGEBNISSE: KODIERUNG DER VORSTUDIENVIDEOS</b>	<b>131</b>
KODIERERÜBEREINSTIMMUNG	131
ZUORDNUNG DER AUFGABEN ZU DEN BASISMODELLEN	132
<b>6-5 DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>134</b>
SPRACHLICHE UND INHALTLICHE ANALYSE	134
(UN-)BRAUCHBARKEIT DES KODIERVERFAHRENS – MÖGLICHE URSACHEN	134
BRAUCHBARKEIT DES KODIERVERFAHRENS?	135
<b>6-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 6</b>	<b>136</b>

---

#### 6-1 ZIELE

Die Notwendigkeit einer Vorstudie ergab sich aus dem Design der Hauptstudie: Zur Überprüfung der Hypothese HPA2 muss sichergestellt werden, dass der mit dem

Inhalt der basismodellorientierten Aufgaben verbundene Lernerfolg auf die Interaktion mit der Aufgabe und nicht auf die Interaktion mit dem Lehrer zurückzuführen ist (siehe Kapitel 5-2, Seite 111). Dies ist am ehesten dadurch zu erreichen, dass während der Bearbeitung der Aufgaben die Interaktion zwischen Lernenden und Lehrperson minimiert wird. Damit Schülerinnen und Schüler weitgehend selbstständig mit den Aufgaben umgehen können, sollte möglichst wenig Anlass für Rückfragen seitens der Schülerinnen und Schüler bestehen. Daraus ergeben sich die drei vorrangigen Ziele der Vorstudie:

1. Die Aufgaben sind so zu überarbeiten, dass sie für Schülerinnen und Schüler klar und verständlich formuliert sind.
2. Auch die zur Verfügung stehenden Hilfs- und Differenzierungsangebote sowie die Musterlösungen müssen klar und verständlich formuliert sein.
3. Außerdem müssen ausreichende Differenzierungen vorgesehen werden, um Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher physikalischer Kompetenz eine erfolgreiche Bearbeitung zu ermöglichen.

Ein weiteres Ziel ergab sich aus der Notwendigkeit, ein Kodierv Verfahren zur Analyse von Unterricht im Hinblick auf Basismodelle zu entwickeln:

4. Es ist ein Kodierv Verfahren zu entwickeln und zu erproben, mit dem Handlungen von Schülerinnen und Schüler im Unterricht analysiert werden können, insbesondere bei der eigenständigen Bearbeitung von Aufgaben. Ziel der Analyse ist dabei die Identifikation von Handlungen im Sinne der Basismodelle.

Ausgehend von diesen Zielen wird nun das Design der Vorstudie vorgestellt. Anschließend werden die Ergebnisse dargelegt, zunächst im Hinblick auf die ersten drei Fragestellungen (siehe Kapitel 6-3, Sprachliche und Inhaltlich Analyse, Seite 124), dann im Hinblick auf die letzte Fragestellung (siehe Kapitel 6-4, Kodierung der Vorstudienvideos, Seite 131).

## **6-2 DESIGN DER VORSTUDIE**

### *Anlage der Untersuchung*

Die Vorstudie fand gegen Ende des Schuljahres 2001/2002 am selben Dortmunder Gymnasium statt wie die Hauptstudie im darauf folgenden Schuljahr. Der Zeitpunkt

war so gewählt, dass bei den Schülerinnen und Schülern der damaligen Jahrgangsstufe 11 nach Lehrplan ein ähnlicher Kenntnisstand erwartet werden konnte wie bei der Population der Hauptstudie ein Jahr später.

Fünf Schülerinnen und Schüler wurden einzeln in einer Laborsituation bei der Bearbeitung der Aufgaben videografiert. Sie wurden dabei von einem interagierenden Versuchsleiter (dem Autor dieser Arbeit) wiederholt aufgefordert, alle gelesenen Texte mit eigenen Worten wiederzugeben. Zusätzlich wurden Fragen zum Textverständnis gestellt. Die fünf Schülerinnen und Schüler bearbeiteten jeweils drei Aufgaben:

1. Das Erste Newtonsche Axiom (Basismodell Routinebildung)
2. Das Zweite und Dritte Newtonsche Axiom (Basismodell Routinebildung)
3. Impulserhaltung (Basismodell Theoriebildung)

Die im Rahmen einer Staatsexamensarbeit erstellte Aufgabe „Umgang mit Graphen“ (KAUERTZ 2003) wurde vom Examenskandidaten in einer eigenständigen Studie erprobt.

#### *Entwicklung eines Kodiervorgangs zur Identifikation von Basismodellhandlungen*

Gemeinsam mit LABUSCH (in Vorb.) wurde ein Kodiervorgang entwickelt, um bei Schülerinnen und Schülern Handlungen im Sinne der Basismodelle zu identifizieren. Dabei wurde eine Beschränkung auf sechs für den Physikunterricht zentrale Basismodelle vorgenommen:

BM 1	Lernen durch Eigenerfahrung
BM 2	Konzeptwechsel
BM 3	Problemlösen
BM 4	Theoriebildung
BM 7	Routinebildung
BM 10	Werte- und Identitätsaufbau

Zu jedem Handlungskettenelement dieser Basismodelle wurde eine zentrale Frage als Indikator formuliert. Die insgesamt 24 Fragen sind Tabelle 13 (siehe Seite 132) zu entnehmen.

Zur Analyse der im mpeg-Format vorliegenden Videos wurde die Software „Videograph“ (RIMMELE 2003) verwendet. In Anlehnung an REYER (2003a, S. 120f.)

wurde eine Kodierung in Zeitschritten vorgenommen. Nach Erprobung einiger Alternativen wurden Kodierintervalle von 30 Sekunden festgelegt.

### *Auswahl und Training der Kodierer*

Bei der Auswahl der Kodierer ist insbesondere auf den notwendigen fachwissenschaftlichen Hintergrund zu achten (vgl. REYER 2003a, S. 133). Zum Zeitpunkt der Vorstudie stellte dies aber ein besonderes Problem dar: Viele fachlich geschulte Kodierer waren bereits in anderen Projekten eingebunden und dort ausgelastet, zusätzliche Kodierer einschlägiger Fachrichtungen waren trotz zahlreicher Versuche nicht zu rekrutieren. So mussten letztlich Kodierer mit geisteswissenschaftlichem Studienhintergrund zur Analyse der Vorstudien-Videos eingesetzt werden. Diese brachten auch aus der Schule nur wenig physikalisches Wissen mit. Es wurde versucht, dieses Defizit durch eine inhaltliche Diskussion der verwendeten Aufgaben mit den Kodierern zumindest teilweise auszugleichen.

Vor der selbstständigen Analyse der Videos wurde die Kodierung zunächst mit beiden Kodierern gemeinsam trainiert. Dazu wurden drei der insgesamt 15 Videos (3 Aufgaben, je 5 Probanden) verwendet. Die Videos wurden zunächst in Abschnitten getrennt kodiert, um die Ergebnisse anschließend zu vergleichen und zu diskutieren. Dabei wurde bewusst darauf verzichtet, die Kodierer vorher mit der Theorie der Basismodelle vertraut zu machen.

## **6-3 ERGEBNISSE: SPRACHLICHE UND INHALTLICHE ANALYSE**

Um die Klarheit und Verständlichkeit der Aufgaben bei ihrer späteren Verwendung im Unterricht sicherzustellen wurden Teile der Videoaufnahmen transkribiert. Es wurden solche Passagen berücksichtigt, in denen Schülerinnen oder Schüler Aufgabentexte mit eigenen Worten wiedergeben, Fragen zum Text beantworten oder selbst Fragen zum Text stellen.

Um eine ausreichende inhaltliche Differenzierung sicherzustellen wurden außerdem Abschnitte transkribiert, in denen Schülerinnen oder Schüler Schwierigkeiten bei der Aufgabenbearbeitung hatten oder die Hilfe des Versuchsleiters in Anspruch nahmen.

Zusätzlich standen dabei die Notizen der Versuchsteilnehmer sowie des Versuchsleiters zur Verfügung.

Im Folgenden werden einige Beispiele für die Überarbeitung der Aufgaben gegeben.

*Beispiel I: Erklärung von Fachbegriffen*

Einige der in den Aufgaben verwendeten Begriffe bereiteten einem Teil der Probanden Schwierigkeiten, etwa der Begriff ‚Vektorsumme‘ oder die Unterscheidung zwischen den Begriffen ‚Betrag der Geschwindigkeit‘ und ‚Richtung der Geschwindigkeit‘.

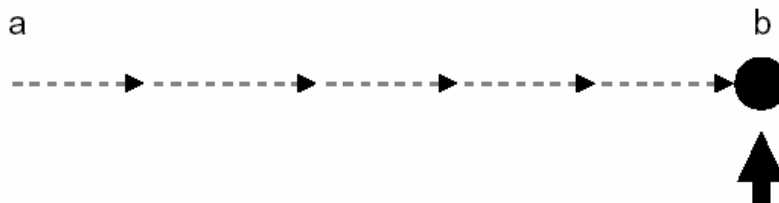
An diesen Stellen wurden aufgrund der Voruntersuchung zusätzliche erklärende Hilfen vorgesehen, deren Verfügbarkeit den Schülerinnen und Schülern in den Aufgaben durch ein Symbol (\*) signalisiert wurde. Zur Sicherung wurden zudem teilweise einfache Anwendungen dieser Begriffe als Zusatzaufgaben in das Aufgabenmodul eingefügt. Für die beiden zuvor genannten Schwierigkeiten waren dies die folgenden beiden Aufgaben:

1. Was bedeutet der Begriff „Vektorsumme“? Fertigen Sie eine Zeichnung als Beispiel an, beschriften Sie diese.
2. Worin besteht der Unterschied zwischen dem Betrag und der Richtung der Geschwindigkeit. Geben Sie jeweils ein Beispiel an für eine Bewegung deren Geschwindigkeit
  - a) in Betrag und Richtung konstant ist,
  - b) nur vom Betrag konstant ist,
  - c) nur in der Richtung konstant ist,
  - d) weder in Betrag noch Richtung konstant ist.

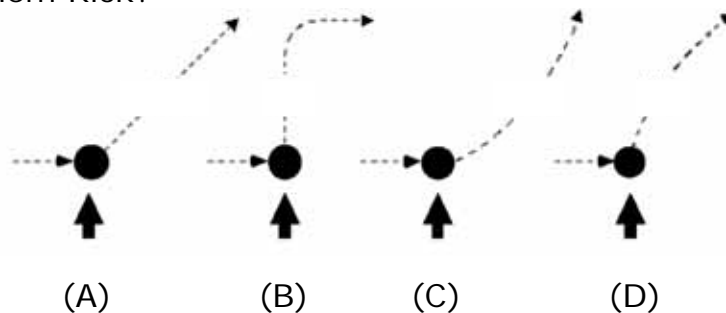
*Beispiel II: Veränderung von Abbildungen und Antwortformaten*

Bei einigen der verwendeten Aufgaben des Force Concept Inventory führten die vorhandenen Abbildungen in Kombination mit den vorgegebenen Antwortmöglichkeiten des Multiple Choice Formats zu Schwierigkeiten, etwa bei der folgenden Aufgabe:

Die Abbildung zeigt eine Scheibe, die mit **konstanter Geschwindigkeit** auf einer **reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch)** vom Punkt „a“ nach Punkt „b“ gleitet. Wenn die Scheibe „b“ erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick“ in Richtung des dicken Pfeils.



(a) Welche der gezeigten Bahnkurven beschreibt die Bewegung der Scheibe nach dem Kick?



Die meisten Probanden wählten zunächst die falsche Antwort D. Auf Nachfrage gaben sie übereinstimmend eine Erklärung, die darauf hindeutet, dass die Ursache für diese Antwort in einem falschen Verständnis der Aufgabenstellung zu suchen ist. Exemplarisch hierfür stehe ein Auszug aus dem Transskript des Videos mit Proband<sup>13</sup> C:

<sup>13</sup> Nach der Anonymisierung der Vorstudientaten ist nicht mehr nachzuvollziehen, ob es sich beim einzelnen Probanden um eine Schülerin oder einen Schüler gehandelt hat. Vereinfachend ist daher nur von „Probanden“ die Rede.



Proband C: Erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen Kick in Richtung des dicken Pfeils... -in die Richtung, nach oben. Horizontalen Kick.

Versuchsleiter: Horizontal ist klar, oder?

Proband C: Ja, ja, wie der Horizont so. (Zeigt Richtung.)

Versuchsleiter: Ja, das ist praktisch, diese Zeichnung ist praktisch aus der Vogelperspektive von oben.

Proband C: Ach so, ist von ... ahh. Ich dachte, das wär jetzt von der Seite und ich wusste nicht mehr wie man jetzt finden ...

Versuchsleiter: Ach so, hmhm. (...)

Proband C: Ja, ich dachte, das ist jetzt von der Seite und dachte von unten jetzt n horizontaler Kick ...

Die Wahl der falschen Antwort ist also nicht auf falsches physikalisches Verständnis zurückzuführen, sondern auf ein falsches Verständnis der Aufgabe: „Horizontal“ erweist sich hier als Schlüsselwort, das von den meisten Schülerinnen und Schülern entweder nicht verstanden oder nicht ausreichend beachtet wurde. Die Abbildung am Ende des Aufgabentextes wurde daher als seitliche Ansicht des Versuchs interpretiert. Unter dieser Voraussetzung wäre Antwort D sogar die physikalisch richtige Lösung.

Nach Beseitigung dieses Missverständnisses wählten alle Probanden die richtige Lösung A. Bei der vom Versuchsleiter eingeforderten Erklärung fiel jedoch mehrfach auf, dass diese Lösung durch eine grob falsche physikalische Begründung zu Stande kam. Hierzu exemplarisch Proband A:

Proband A: Ach so, dann ist das ja eigentlich, wenn man das Vektordiagramm einzeichnet muss ich ja ein Parallelogramm ziehen und dann so (zeichnet) äh, so, also muss es das sein. Dann nehm ich jetzt A, so.

Versuchsleiter: Die Begründung vielleicht noch mal in Worten jetzt.

Proband A: Äh ja, hier treffen zwei Vektor äh Vektoren aufeinander und die Summe bildet man mit dem Parallelogramm und die Summe wäre halt jetzt hier so 45 Grad oder wie viel das auch immer sind – die Richtung.

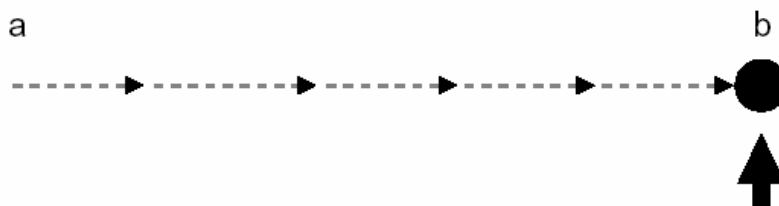
Dieser Proband – stellvertretend für die Mehrzahl der Probanden – addiert also den Geschwindigkeitsvektor der ursprünglichen Bewegung mit dem Kraftvektor des „Kicks“ und erhält einen Ergebnisvektor. Dieses Vorgehen ist physikalisch zwar unsinnig, führt aber zur richtigen Lösung.

Damit erscheint diese Aufgabe in doppelter Hinsicht überarbeitungsbedürftig: Einerseits kann ein falsches Verständnis der Aufgabenstellung zu einer falschen, aber physikalisch sinnvoll begründeten Antwort führen. Andererseits kann eine physikalisch falsche Begründung zur richtigen Antwort führen. Für die Hauptstudie wurden daher zwei Änderungen an dieser Aufgabe vorgenommen:

1. In den Aufgabentext wird als Erläuterung der Abbildung die Formulierung „aus der Vogelperspektive“ aufgenommen.
2. Es wird auf die Vorgabe von Antwortmöglichkeiten verzichtet. Das Antwortformat ist nun offen, die Schülerinnen und Schüler müssen die Bahn der Scheibe selbstständig einzeichnen.

In der Hauptstudie wurde die Aufgabe damit in folgender Form eingesetzt:

Die Abbildung zeigt aus der Vogelperspektive eine Scheibe, die mit **konstanter Geschwindigkeit** auf einer **reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch)** vom Punkt „a“ nach Punkt „b“ gleitet. Wenn die Scheibe „b“ erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick“ in Richtung des dicken Pfeils.



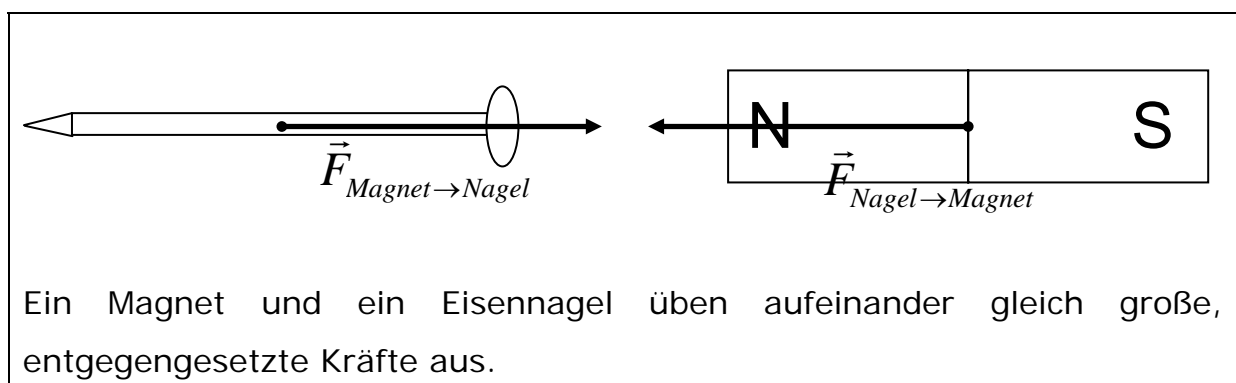
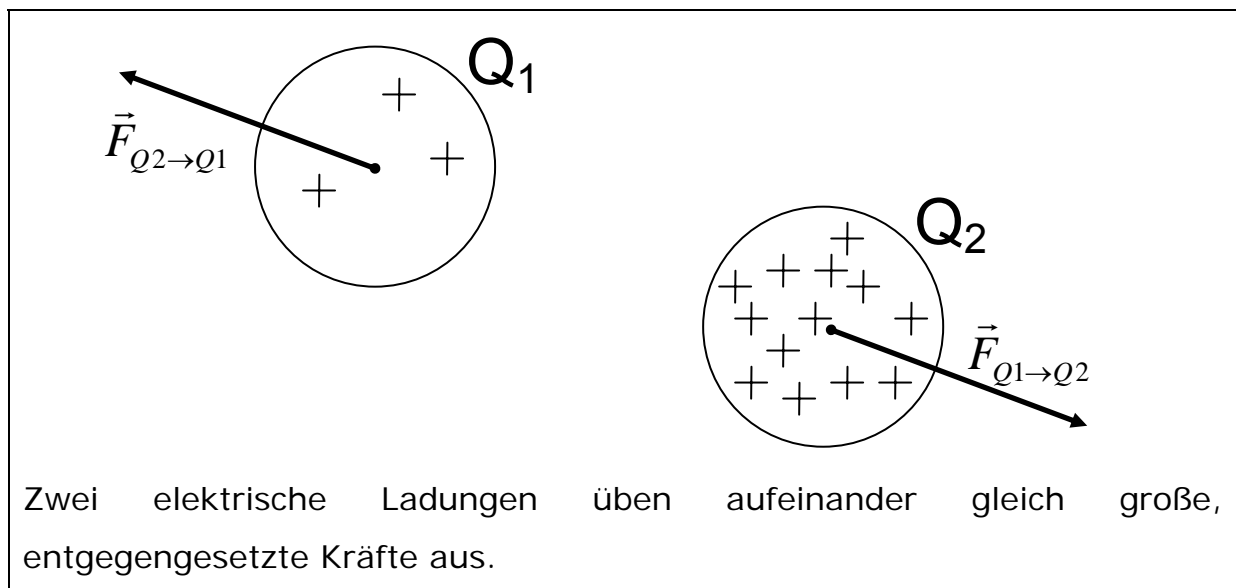
(a) Zeichnen Sie ein, auf welcher Bahn sich die Scheibe **nach dem Kick** bewegen könnte?

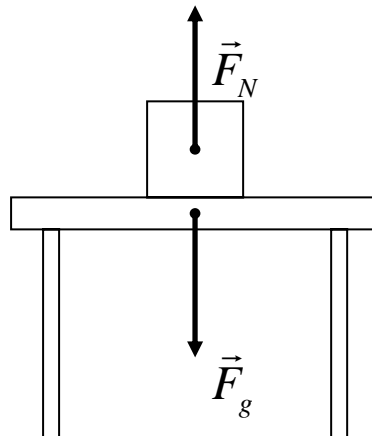


### Beispiel III: Zusätzliche Erläuterungen zum dritten Newtonschen Axiom

Bei allen Probanden der Vorstudie zeigte sich, dass die in dem Aufgabenmodul vorgesehenen Erläuterungen zum dritten Newtonschen Axiom die Schülerinnen und Schüler nicht in die Lage versetzen, dieses selbstständig auf die Aufgaben anzuwenden. Dies wurde bereits bei der ersten Teilaufgabe klar, in der fünf Abbildungen in Form von Briefmarken vorgegeben waren, in die die Probanden Kraft-Gegenkraftpaare einzeichnen sollten. Diese Aufgabe war von den Schülerinnen und Schülern zunächst nur mit hoher Inanspruchnahme des Versuchsleiters zu bewältigen. Nachdem den Probanden durch die Bearbeitung der ersten Abbildungen Beispiele für die Anwendung des Axioms vorlagen, konnten die verbleibenden Teilaufgaben weitgehend selbstständig gelöst werden. Hilfen waren zumeist nur noch dann nötig, wenn der Inhalt der Abbildungen nicht deutlich erkennbar war.

Daraufhin wurde die Qualität der Abbildungen verbessert und die einleitenden Ausführungen zum dritten Newtonschen Axiom wurden für die Hauptstudie durch drei einfache Beispiele ergänzt:





Das Packet übt eine Kraft  $\vec{F}_g$  auf den Tisch aus. Der Tisch übt eine gleich große, entgegengesetzte Gegenkraft  $\vec{F}_N$  auf das Packet aus.

#### *Zusammenfassung der Aufgabenmodule „Newton I“ und „Newton II/III“*

Ursprünglich wurden zwei getrennte Aufgabenmodule zum Ersten sowie zum Zweiten und Dritten Newtonschen Axiom erstellt. Um die Schülerinnen und Schüler jedoch möglichst ohne unnötige zwischenzeitliche Interaktion mit dem Lehrer arbeiten zu lassen, wurden diese beiden getrennten Module zu einer Aufgabe zusammengefasst. Gleichzeitig musste der Gesamtumfang reduziert werden, um für die Hauptstudie eine Bearbeitung in maximal vier Unterrichtsstunden sicherzustellen. Im Hinblick auf den Einsatz des Force Concept Inventory zur Überprüfung des mit dem Aufgabenmodul erzielten Lernerfolgs gingen die Kürzungen zu Lasten der Aufgaben zum Zweiten Newtonschen Axiom. Ausschlaggebend dafür war, dass sich nur zwei Items des Force Concept Inventory inhaltlich eindeutig dem Zweiten Axiom zuordnen lassen (vgl. GERDES & SCHECKER 1999, S. 284), und dass sich Überlegungen zum Zweiten Newtonschen Axiom auch sinnvoll in die Aufgaben zum Dritten Axiom integrieren ließen.

Das Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ findet sich in seiner endgültigen Form, in der es auch in der Hauptstudie zum Einsatz kam, im Anhang (siehe Anhang 4, Seite 245).

## 6-4 ERGEBNISSE: KODIERUNG DER VORSTUDIENVIDEOS

### *Kodiererübereinstimmung*

Die nach dem Kodierertraining verbliebenen zwölf Videos wurden durchgängig doppelt kodiert. Ihre Länge schwankt zwischen 45 und 75 Minuten, im Durchschnitt sind sie 63 Minuten lang. Bei 30-sekündigen Kodierintervallen ergeben sich insgesamt 1509 Kodierintervalle. Für das Maß der Übereinstimmung zwischen den Kodierern wurde Cohens Kappa berechnet. Die Ergebnisse sind in Tabelle 13 zusammengefasst.

Zunächst zeigt sich, dass die Hälfte der 28 Fragen von den Kodierern praktisch nicht verwendet wurden: zehn Fragen wurden von beiden Kodierern überhaupt nicht bejaht, weitere vier Fragen fanden zwar die Zustimmung von einem der beiden Kodierer, jedoch in maximal 5 von 1509 Fällen. Die zwölf Kodierfragen, für die Kappa berechnet werden konnte, zeigen nur ungenügende Kodiererübereinstimmungen:

- In sieben Fällen ist Kappa kleiner als 0,01, dabei sechs mal sogar kleiner als Null.
- In zwei Fällen liegt Kappa zwischen 0,01 und 0,1.
- Die verbleibenden drei Fälle liefern für Kappa Werte zwischen 0,1 und 0,4.

Ein je nach Fragestellung akzeptabler Wert für Kappa läge bei mindestens 0,4 (vgl. WIRTZ & CASPAR 2001, S. 59). Dieser Wert wird in der Vorstudie bei nicht einer Kodierfrage erreicht.

Tabelle 13: Cohens Kappa für die Kodierung der Vorstudie

Nr. <sup>1</sup>	Kodierfrage	Kappa
1.1	Wird eine Handlung geplant oder vorbereitet?	0,044
1.2	Wird eine vorbereitete Handlung ausgeführt?	-. <sup>2</sup> (244)
1.3	Werden ausgeführte Handlungen reflektiert?	0,354
1.4	Wird das Handeln und Vorgehen generalisiert und verallgemeinert?	-0,002
1.5	Werden Resultate auf größere Zusammenhänge übertragen?	-. <sup>2</sup> (1)
2.1	Wird eine bestehende Struktur bewusst gemacht oder an ihre Gültigkeitsgrenzen geführt?	-. <sup>3</sup>
2.2	Wird die bestehende kognitive Struktur verändert?	-. <sup>3</sup>
2.3	Werden neue Elemente und Relationen übernommen?	-. <sup>2</sup> (16)
2.4	Werden neue Strukturen durch Anwendung auf andere Gebiete erprobt und gefestigt?	-. <sup>3</sup>
3.1	Wird eine Situation erfahren, die es zielgerichtet zu bearbeiten gilt, ohne dass die dafür notwendigen Operationen bekannt sind?	-. <sup>2</sup> (5)
3.2	Wird eine Problemsituation exakt formuliert?	-0,001
3.3	Werden Lösungsvorschläge für ein Problem gemacht?	0,006
3.4	Werden Lösungsvorschläge angewendet, bewertet und gegebenenfalls verändert?	0,047
3.5	Wird ein Lösungsweg auf Übertragbarkeit hin überprüft?	-. <sup>2</sup> (2)
4.1	Findet eine Aktivierung des kontextbezogenen Vorwissens statt?	0,179
4.2	Wird ein prototypisches Muster vorgestellt bzw. durchgearbeitet?	-. <sup>3</sup>
4.3	Werden die wesentlichen Merkmale eines neuen Konzepts verdeutlicht?	-0,002
4.4	Wird aktiv mit einem neuen Konzept gearbeitet und dieses gefestigt?	-0,022
4.5	Findet eine systematische Anbindung des neuen Konzepts an bekanntes Wissen statt?	-. <sup>3</sup>
7.1	Werden einzelne Schritte einer Handlung zum ersten Mal ausprobiert?	-. <sup>3</sup>
7.2	Werden Handlungsschritte oder ein Handlungsablauf erarbeitet oder festgelegt?	-0,004
7.3	Werden die einzelnen Handlungsschritte wiederholt, kombiniert und gefestigt?	-0,003
7.4	Wird eine zuvor durchgeführte Handlung bewertet oder reflektiert?	0,295
7.5	Werden die charakteristischen Merkmale der handlungslösenden Situation hervorgehoben?	-. <sup>2</sup> (2)
10.1	Werden gesellschaftliche Werte in Bezug auf ein Problem diskutiert?	-. <sup>3</sup>
10.2	Werden neue Werte oder Regeln vorgeschlagen?	-. <sup>3</sup>
10.3	Wird gemeinsam über den Einbezug eines neuen Wertes entschieden?	-. <sup>3</sup>
10.4	Wird ein neuer Wert umgesetzt?	-. <sup>3</sup>

1: Die Nummer setzt sich zusammen aus dem Basismodell und dem Handlungskettenelement, auf welches sich die Kodierfrage bezieht; Frage 1.3 bezieht sich also auf Basismodell 1, Handlungskettenelement 3.

2: Kappa konnte nicht berechnet werden, da diese Kodierfrage nur von einem Kodierer bejaht wurde. Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl der Bejahungen durch den Kodierer an (bei 1509 Kodierintervallen insgesamt).

3: Kappa konnte nicht berechnet werden, da diese Kodierfrage von keinem Kodierer bejaht wurde.

### Zuordnung der Aufgaben zu den Basismodellen

Trotz des enttäuschenden Ergebnisses bei der Kodiererübereinstimmung soll überprüft werden, ob sich das zur Konstruktion der Aufgaben verwendete Basismodell in den Kodiererurteilen wieder findet. Dadurch könnten sich auch Hinweise auf die Ursache der schlechten Kodiererübereinstimmung ergeben: Könnte etwa immer nur ein bestimmter Kodierer das ursprüngliche Basismodell identifizieren,

der andere jedoch nicht, so wäre die Kodiererübereinstimmung noch einmal mit einem dritten Kodierer durchzuführen.

Zur Vereinfachung der Daten wurden für jedes der zwölf Videos die Kodierungen aller zu einem Basismodell gehörenden Kodierfragen über alle Kodierintervalle aggregiert. Das Ergebnis findet sich in Tabelle 14 (siehe Seite 133). Die Zahlen in der Tabelle geben also an, wie oft eine zum jeweiligen Basismodell gehörige Kodierfrage von jedem Kodierer bei einer Aufgabenbearbeitung bejaht wurde. Die kursiv gedruckten Zahlen kennzeichnen das jeweils erwartete Basismodell:

- Basismodell 4, Theoriebildung, für die Aufgabe zur Impluserhaltung
- Basismodell 7, Routinebildung, für die Aufgaben zu den Newtonschen Axiomen

Die fett gedruckten Zahlen markieren das jeweilige Maximum der Zustimmung je Aufgabe und Kodierer, welches als Rücksortierung der Aufgabe zu einem Basismodell durch den Kodierer verstanden werden soll. Die Aufgabe „Newton II/III“, bearbeitet durch Proband E, wird von Kodierer B allerdings keinem Basismodell eindeutig zugeordnet.

Tabelle 14: Anzahl von Kodierzugeordnungen der Aufgaben zu den Basismodellen

Aufgabe und SchülerIn	Kodierer A					Kodierer B				
	BM 1	BM 2	BM 3	BM 4	BM 7	BM 1	BM 2	BM 3	BM 4	BM 7
Implus Proband A	17	0	21	<b>23</b>	17	16	1	<b>21</b>	15	21
Implus Proband B	5	0	<b>45</b>	13	5	25	0	21	<b>51</b>	7
Implus Proband C	7	0	<b>53</b>	19	5	13	0	31	<b>45</b>	9
Implus Proband F	34	0	<b>52</b>	15	30	<b>46</b>	0	7	21	18
Newton 1 Proband A	13	0	<b>44</b>	26	16	7	2	14	15	3
Newton 1 Proband B	16	0	<b>31</b>	9	9	<b>45</b>	0	5	5	21
Newton 1 Proband D	20	0	<b>35</b>	22	19	<b>47</b>	0	3	3	21
Newton 2 Proband A	8	0	<b>30</b>	23	7	<b>55</b>	6	1	7	7
Newton 2/3 Proband B	18	0	<b>44</b>	10	17	<b>41</b>	1	7	6	6
Newton 2/3 Proband C	17	0	21	<b>23</b>	17	<b>54</b>	0	8	4	14
Newton 2/3 Proband D	6	0	<b>68</b>	39	5	<b>51</b>	3	1	6	3
Newton 2/3 Proband E	10	0	<b>32</b>	20	9	4	3	1	4	4
Spaltensummen:	171	0	476	242	156	404	16	120	182	134
in % der Kodierungen:	16,4	0,0	45,6	23,2	14,9	47,2	1,9	14,0	21,3	15,7

*Basismodell 10 wurde von den Kodierern nie kodiert und daher bei dieser Übersicht nicht berücksichtigt.*

„Richtige“ Zuordnungen (also fett und kursiv gedruckte Zahlen) finden sich nur drei Mal, jeweils im Zusammenhang mit der Aufgabe zur Impulserhaltung. Auch dieses Ergebnis ist nicht zufrieden stellend.

Es fällt auf, dass beide Kodierer scheinbar bevorzugte Basismodelle haben: Kodierer B ordnet sieben von elf Aufgaben dem ersten Basismodell (Lernen durch

Eigenerfahrung) zu, bei Kodierer A dominiert sogar in zehn von zwölf Fällen das Basismodell 3 (Problemlösen). Dieser Eindruck wird durch die Summierung der Kodierung über alle Aufgaben verstärkt:

- Basismodell 2 (Konzeptwechsel) wird von den Kodierern gar nicht bzw. höchst selten kodiert.
- Die ursprünglich erwarteten Basismodelle 4 (Theoriebildung) und 7 (Routinebildung) werden von beiden Kodierern jeweils mit etwa gleicher relativer Häufigkeit kodiert.
- Kodierer A kodiert zu knapp 46 Prozent das Basismodell 3 (Problemlösen), jedoch zu nur gut 16 Prozent das Basismodell 1 (Lernen durch Eigenerfahrung)
- Umgekehrt kodiert Kodierer B zu knapp 47 Prozent das Basismodell 1 und zu nur 14 Prozent das Basismodell 3.

Folgerungen aus diesen Ergebnissen für das Kodierverfahren werden im anschließenden Kapitel diskutiert.

## 6-5 DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG

### *Sprachliche und inhaltliche Analyse*

Die Auswertung der Transkripte verlief zufrieden stellend. Wie in den Beispielen gezeigt (siehe Kapitel 6-3, Seite 124) war es an einigen Stellen nötig, Texte oder Antwortformate zu verändern, Abbildungen zu erläutern oder zusätzliche Hilfs- und Differenzierungsangebote vorzusehen. Für die Überarbeitung der Aufgabenmodule hat sich die Vorstudie damit als sehr fruchtbar erwiesen. Den ersten drei Zielen (siehe Kapitel 6-1, Seite 121) ist die Vorstudie damit gerecht geworden.

### *(Un-)Brauchbarkeit des Kodierverfahrens – mögliche Ursachen*

Die Ergebnisse der Kodierung sind insgesamt enttäuschend. Dies gilt sowohl für die Kodiererübereinstimmung als auch für die Rücksortierung der Aufgaben zu den Basismodellen.

Eines der Anliegen der Vorstudie war zu untersuchen, ob sich während der Bearbeitung der Aufgaben bei den Schülerinnen und Schülern Handlungen im Sinne



der Basismodelle erkennen lassen. Die Ergebnisse sind letztlich unzureichend und zu wenig reliabel, um diese Frage zu beantworten. Als mögliche Ursachen für das enttäuschende Ergebnis der Kodierung kommen die Videodaten, die Kodierer sowie das Kodierverfahren in Frage.

In Bezug auf die Videodaten ist festzuhalten, dass in der Interaktion des Versuchsleiters mit den Probanden ein erheblicher Teil der Zeit dafür aufzuwenden war, Probleme aufgrund von teilweise nicht oder nicht mehr vorhandenem Vorwissen zu lösen. Die eigentlichen Lernhandlungen könnten daher zum Teil durch oberflächliche Prozesse wie dem „Lösen von Problemen“ oder dem „Aktivieren von Vorwissen“ überdeckt werden. Da sich diese Prozesse auch in den Basismodellen und damit in dem Kodierverfahren wieder finden, könnten die Ergebnisse in diese Richtung verzerrt worden sein. Gegen diese Vermutung spricht allerdings die Feststellung, dass die Kodierer von den erwarteten Ergebnissen nicht in eine gemeinsame Richtung abweichen, sondern individuell verschiedene, aber in sich sehr konstante Abweichungen zu erkennen sind (siehe Tabelle 14, Seite 133).

Diese Existenz eines jeweils „individuell bevorzugten Basismodells“ spricht für die Kodierer als Hauptursache, die zu den beschriebenen Ergebnissen geführt hat. Es wurde bereits auf die Schwierigkeiten bei der Auswahl der Kodierer und auf deren mangelndes Fachwissen eingegangen (siehe Kapitel 6-2, Seite 122). Durch fachlich besser geschulte Kodierer wäre eine wesentliche Verbesserung der Resultate zu erhoffen. Außerdem wäre zu diskutieren, ob eine Einarbeitung der Kodierer in die Theorie der Basismodelle gerechtfertigt wäre, um die Aufmerksamkeit der Kodierer auf die lernrelevanten Handlungen zu lenken.

Mit Blick auf die mangelhaften Kodiererübereinstimmungen muss aber auch das Kodierverfahren selbst kritisch betrachtet werden. In jedem Fall kann es deutlich vereinfacht werden, da ein Großteil der Kodierfragen nie oder fast nie verwendet wurden (siehe Tabelle 13, Seite 132). Ein übersichtlicheres, einfacher zu handhabendes Kodierverfahren könnte bereits zu besseren Ergebnissen führen.

### *Brauchbarkeit des Kodierverfahrens?*

Wie schon erwähnt wurde das Kodierverfahren gemeinsam mit LABUSCH (in Vorb.) entwickelt. LABUSCH setzt es in fast identischer Form ein, allerdings in einem anderen Kontext und unter anderen Bedingungen: Im Rahmen seines Projekts werden nach

Basismodellen strukturierte Aufgaben zur Elektrostatik im Sachunterricht der Primarstufe eingesetzt. Die Schülerinnen und Schüler bearbeiten diese Aufgaben in Gruppen und werden dabei videografiert. Zur Analyse dieser Videos wird das Kodierverfahren verwendet. Viel gravierender als die Videodaten unterscheiden sich aber die Voraussetzungen der Kodierer: Sie sind fachwissenschaftlich mit den relevanten physikalischen Inhalten ausreichend vertraut und in die Theorie der Basismodelle eingearbeitet. Dabei deuten sich zufrieden stellende inhaltliche Ergebnisse und Kodiererübereinstimmung an. Eine generelle Unbrauchbarkeit des Kodierverfahrens ist somit unwahrscheinlich. Ein abschließendes Urteil zum Kodierverfahren muss letztlich LABUSCH überlassen bleiben.

Im Rahmen dieser Arbeit wurde allerdings entschieden, in der folgenden Hauptstudie das bereits in Kapitel 5-3 (siehe Seite 113) erwähnte Kodierverfahren von REYER (2003a) einzusetzen, zu dem nach Abschluss der Vorstudie bereits erste ermutigende Ergebnisse vorlagen. Dieses Kodierverfahren wird in Kapitel 9 (siehe Seite 167) erläutert.

## **6-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 6**

Hauptziel der Vorstudie war es, die entwickelten Aufgabenmodule so zu überarbeiten, dass Schülerinnen und Schüler weitgehend selbstständig mit ihnen arbeiten können. Dadurch soll die Interaktion mit dem Lehrer minimiert werden, um die erzielten Lernerfolge eindeutig auf die Bearbeitung der Aufgaben zurückführen zu können. Die Aufgaben wurden mit jeweils fünf Schülerinnen und Schülern in einer Laborsituation bearbeitet. Die dabei gewonnen Videodaten wurden auszugsweise transkribiert, um sprachliche und inhaltliche Schwächen der Aufgaben zu identifizieren. Die Transkripte waren Grundlage für die Überarbeitung der Aufgaben vor ihrem Einsatz in der Hauptstudie.

Zusätzlich sollte ein Kodierverfahren zur Analyse von Unterricht im Hinblick auf Basismodelle erprobt werden. Die diesbezüglichen Ergebnisse, insbesondere die Kodiererübereinstimmungen, waren nicht zufrieden stellend. Daher wird in der Hauptstudie ein anderes, bereits erprobtes Kodierverfahren zur Anwendung kommen.

## KAPITEL 7

### ANLAGE DER HAUPTSTUDIE

---

<b>7-1</b>	<b>HYPOTHESEN UND ERHEBUNGSINSTRUMENTE</b>	<b>137</b>
<b>7-2</b>	<b>STUDIENDESIGN</b>	<b>138</b>
	INTERVENTIONSSTUDIE IM KONTROLLGRUPPENDESIGN	138
	IMPLEMENTATION DES AUFGABENMODULS „DIE NEWTONSCHEN AXIOME“	139
<b>7-3</b>	<b>AUFBAU DER ERGEBNISDARSTELLUNG</b>	<b>140</b>
<b>7-4</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 7</b>	<b>141</b>

---

In diesem Kapitel werden die wesentlichen Merkmale der Hauptstudie aus Kapitel 5 (siehe Seite 107) noch einmal zusammengefasst. Zusätzlich wird vertieft auf den Einsatz des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ im Rahmen der Hauptstudie eingegangen.

#### 7-1 HYPOTHESEN UND ERHEBUNGSINSTRUMENTE

In Kapitel 5-1 (siehe Seite 107) wurden fünf Hypothesen formuliert, zu denen die Hauptstudie Antworten liefern soll:

##### **Hypothesen über Physikaufgaben**

HPA1 Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.

HPA2 Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

##### **Hypothesen über Physikunterricht**

HPU1 Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.

HPU2	Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.
HPU3	Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.

„Realisierbarkeit“ in den Hypothesen HPA1 und HPU1 beinhaltet dabei praktische Umsetzung sowie Identifizierung basismodellorientierten Unterrichts durch unabhängige Beobachter.

Von diesen Hypothesen wurden in Kapitel 5-3 (siehe Seite 113) die notwendigen Erhebungsinstrumente abgeleitet. Diese lassen sich wie folgt den Hypothesen zuordnen (beginnend mit den Hypothesen zum Unterricht):

#### **Erhebungsinstrumente zu den Hypothesen zum Physikunterricht**

- HPU1:    - Videoaufnahmen des Unterrichts
- Kodierung der Videoaufnahmen
- HPU2:    - Kognitiver Fähigkeitstest KFT (Intelligenztest)
- TIMSS-Aufgabentest als Pre-Post-Test
- Inhaltstest zur Elektrizitätslehre
- Inhaltstest zur Mechanik
- HPU3:    - Interessen- und Motivationsfragebogen InMo als Pre-Post-Test

#### **Erhebungsinstrumente zu den Hypothesen zu Physikaufgaben**

- HPA1:    - Videoaufnahmen des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ beim Einsatz im Unterricht
- Kodierung dieser Videoaufnahmen
- HPA2:    - Force Concept Inventory als Teil des Inhaltstests zur Mechanik

## **7-2 STUDIENDESIGN**

### *Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign*

Neben den Erhebungsinstrumenten wurde aus den Hypothesen auch das Design der Hauptstudie abgeleitet: Es handelt sich um eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign. Dabei wird die Interventionsgruppe von einem Novizen (dem Autor) auf Grundlage der Basismodelltheorie unterrichtet, die Kontrollgruppe von einem erfahrenen Lehrer. Als Probanden dienten die Schülerinnen und Schüler

zweier Physikkurse der Stufe 11 eines Dortmunder Gymnasiums. Der Interventionszeitraum betrug ein Schuljahr, wobei der TIMSS-Aufgabentest aus genannten Gründen (siehe Seite 113f.) bereits nach drei Vierteln des Interventionszeitraums als Post-Test eingesetzt wurde.

Als Teil der Intervention wurde das Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ in der Interventionsgruppe eingesetzt. Der folgende Abschnitt beschreibt, wie dabei vorgegangen wurde.

### *Implementation des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“*

Schon bei der ersten Formulierung der Hypothesen in Kapitel 5-1 (siehe Seite 107) wurde darauf hingewiesen, dass es schwierig sein würde Hypothese HPA2 zu belegen. Davon ausgehend, dass eine basismodellorientierte Aufgabe im Vergleich zu einer inhaltsgleichen, aber nicht basismodellorientierten Aufgabe einen Lernvorteil bewirkt, bleibt die Schwierigkeit, diesen Vorteil zu messen: Aufgrund der nur kurzen Interaktion der Schülerinnen und Schüler mit der Aufgabe kann nur ein kleiner Unterschied erwartet werden. Dies gilt auch für ein relativ umfangreiches Aufgabenmodul, das wie hier auf mehrere Unterrichtsstunden hin ausgelegt ist. Hinzu kommen überlagernde Einflussfaktoren wie mögliche Gruppenunterschiede sowie die kleine Stichprobe.

Um die Chance, einen messbaren Unterschied zu erreichen, zu maximieren, wurde das Aufgabenmodul möglichst zeitnah zum Mechaniktest am Ende des zweiten Halbjahres durchgeführt. Der Test zur Mechanik fand, gemeinsam mit dem als Post-Test eingesetzten Interessen- und Motivationsfragebogen, in der vorletzten Schulwoche statt. Das Aufgabenmodul wurde in der Interventionsgruppe in den beiden vorangegangenen Doppelstunden eingesetzt. Diese beiden Doppelstunden waren allerdings um eine Woche getrennt, da der dazwischen liegende reguläre Termin als Klausurtermin für beide Kurse vorgesehen war. Diese Konstellation war zwar ungünstig, aber unumgänglich, da in beiden Kursen eine zeitgleiche Behandlung der Newtonschen Axiome im selben zeitlichen Abstand zum Mechaniktest sichergestellt werden sollte.

Das Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ wurde also von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe gegen Ende der Studie über einen Zeitraum von zwei Doppelstunden bearbeitet. Nach einer kurzen Einweisung durch den

Lehrer, in der der Ablauf der folgenden Stunden erläutert wurde, arbeiteten die Schülerinnen und Schüler selbstständig in drei Dreier- und einer Vierergruppe. Die Rolle des Lehrers beschränkte sich während dieser Zeit darauf, den Gruppen auf Nachfrage weitere Hilfs- und Differenzierungsangebote sowie die Musterlösungen auszuhändigen. Bei darüber hinaus gehenden Problemen wurde darauf geachtet, die Schülerinnen und Schüler möglichst auf die Inhalte des Aufgabenmoduls zu verweisen und keine Zusatzinformation zu geben. Während dieser vier Unterrichtsstunden waren vier Videokameras im Einsatz, sodass jede Gruppe videografiert werden konnte.

Ein Großteil der einzelnen Teilaufgaben des Aufgabemoduls wurde mit Veränderungen aus dem Force Concept Inventory übernommen (siehe Kapitel 5-2, Seite 109). Damit sich daraus bei der Bearbeitung des Mechaniktests kein Vorteil für die Interventionsgruppe ergab, mussten diese Aufgaben den Schülerinnen und Schülern der Kontrollgruppe ebenfalls bekannt sein. Daher wurden die entsprechenden Items des Force Concept Inventory – in ihrer ursprünglichen Form und ohne Einbindung in eine zusätzliche Aufgabenstellung – dem Lehrer der Kontrollgruppe zur Verfügung gestellt. Diese sollten in den vier Unterrichtsstunden, in denen die Newtonschen Axiome in der Kontrollgruppe behandelt wurden, in jedem Fall besprochen werden. Über die Art, wie dies zu geschehen hat, wurden dem Lehrer der Kontrollgruppe keine Vorgaben gemacht. Um den Einsatz der Items überprüfen zu können, wurde auch die Kontrollgruppe während der entsprechenden vier Unterrichtsstunden videografiert.

### **7-3 AUFBAU DER ERGEBNISDARSTELLUNG**

In den folgenden Kapiteln werden die Ergebnisse der Hauptstudie dargestellt. Der Aufbau der Darstellung orientiert sich zunächst an den Erhebungsinstrumenten: zuerst werden Testdaten thematisiert (Kapitel 8, Seite 143), anschließend die Videodaten (Kapitel 9, Seite 167). Dies geschieht zunächst rein deskriptiv, ohne direkten Bezug zu den Hypothesen. Erst im Anschluss daran werden die Hypothesen aufgegriffen und auf Grundlage der zuvor erläuterten Daten beurteilt (Kapitel 10, Seite 203).

Dieses Vorgehen erscheint der Studie angemessen, da verschiedene Hypothesen zu gemeinsamen Erhebungsinstrumenten geführt haben und sich somit auf ähnliche Daten beziehen (z.B. HPA1 und HPU1, siehe Kapitel 7-1, Seite 137). Bei einem Aufbau der Darstellung nach Hypothesen müssten die Ergebnisse eines Erhebungsinstrumentes daher mehrfach angeführt werden.

#### **7-4 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 7**

In diesem Kapitel wurde die Anlage der Hauptstudie als Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign noch einmal zusammengefasst. Dabei wurde besonders die Verbindung von Hypothesen und Erhebungsinstrumenten hervorgehoben. Zusätzlich wurde die Implementation des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ erläutert.





## KAPITEL 8

### ANALYSE UND ERGEBNISSE DER TESTDATEN

---

<b>8-1 KOGNITIVER FÄHIGKEITSTEST</b>	<b>145</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	145
ERGEBNISSE	145
<b>8-2 TIMSS-TEST</b>	<b>146</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	146
PRE-TEST-ERGEBNISSE	147
POST-TEST-ERGEBNISSE	148
VERGLEICH VON PRE- UND POST-TEST-ERGEBNISSEN	148
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS DEN TIMSS-TESTS	149
<b>8-3 INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGEN</b>	<b>149</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	149
PRE-TEST-ERGEBNISSE	151
POST-TEST-ERGEBNISSE	152
VERGLEICH VON PRE- UND POST-TEST-ERGEBNISSEN	152
ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS DEM INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGEN	154
<b>8-4 INHALTSTEST ZUR ELEKTRIZITÄTSLEHRE</b>	<b>157</b>
<b>8-5 INHALTSTEST ZUR MECHANIK</b>	<b>157</b>
AUFBAU, DURCHFÜHRUNG UND AUSWERTUNG DES TESTS	157
ERGEBNISSE	158
<b>8-6 KORRELATIONEN ZWISCHEN DEN TESTDATEN</b>	<b>159</b>
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN TIMSS-PRE- UND POST-TEST	159
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN TEILEN DES MECHANIKTESTS	160
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN SKALEN DES KOGNITIVEN FÄHIGKEITSTESTS (KFT)	161
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN DEN SKALEN DES INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGENS	161
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN TIMSS UND DEN ANDEREN LEISTUNGSTESTS	162
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTELLIGENZ (KFT) UND LEISTUNGSTESTS	162
ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTERESSE/MOTIVATION (INMo) UND LEISTUNGSTESTS	163

ZUSAMMENHANG ZWISCHEN INTERESSE/MOTIVATION (INMO) UND INTELLIGENZ (KFT)	164
<b>8-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 8</b>	<b>165</b>

Alle in Form von Fragebögen erhobenen Testdaten wurden zunächst ausgewertet und elektronisch erfasst. Dazu diente das Programm „SPSS für Windows“ in der Version 11.0.1. Die Analyse der Daten erfolgte auf Grundlage der gängigen statistischen Literatur (BORTZ 1999; KÄHLER 1995; BÜHL & ZÖFEL 2002) und Standardverfahren: Vergleiche zwischen Kontroll- und Interventionsgruppe wurden mit t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt, Vergleiche zwischen Pre- und Posttests innerhalb der beiden Gruppen mit t-Tests für abhängige Stichproben. Signifikante Unterschiede (Signifikanzniveau unter 5%) werden im Folgenden jeweils durch einen Stern (\*), hoch signifikante Unterschiede (Signifikanzniveau unter 1%) durch zwei Sterne (\*\*) gekennzeichnet.

Bei der Testdurchführung sollte sichergestellt werden, dass alle von einer Schülerin oder einem Schüler erhobenen Daten einander zugeordnet werden können, ohne die Anonymität der Testteilnehmer zu verletzen. Mit der Benutzung von Elementen individueller Daten (z.B. 2. Buchstabe des Vornamens der Mutter und des Vaters) wurden in der Arbeitsgruppe bislang keine guten Erfahrungen gemacht. Daher wurde folgendes Verfahren gewählt: Zunächst wurden die Nummern 1 bis 28 auf je zehn Klebeetiketten (also insgesamt 280 Etiketten) geschrieben. Jeweils zehn gleiche Etiketten wurden einzeln in zehn Briefumschlägen eingetütet und zugeklebt. Die jeweils zehn Umschläge mit gleichen Etiketten wurden mit Gummiringen zu Paketen zusammengefasst. Die so entstandenen 28 Pakete aus je zehn Umschlägen mit identischen Etiketten wurden gemischt und zufällig nacheinander gezogen, wobei auf allen Umschlägen des ersten Pakets eine „1“ notiert wurde, auf allen Umschlägen des zweiten Pakets eine „2“ usw., ohne den Inhalt zu kennen. Die Schülerinnen und Schüler erhielten nun vor jedem Test einen Umschlag mit der Nummer, die ihrem Platz in der alphabetischen Liste beider Kurse entsprach. Das darin enthaltene Etikett mit immer der selben, aber den Testleitern unbekannten Nummer war auf den Test zu kleben.

Ablauf und Zweck dieses Verfahrens wurden den Probanden zu Beginn des Schuljahres mitgeteilt und von ihnen akzeptiert. So war sichergestellt, dass alle

Testbögen einer Schülerin bzw. eines Schülers dieselbe Nummer trugen, ohne eine individuelle Zuordnung durchführen zu müssen. Zur Zuordnungen der Nummerncodes zu Interventions- bzw. Kontrollgruppe wurden die Schülerinnen und Schüler beim ersten Test gebeten, zusätzlich den Namen ihres Kurslehrers auf dem Bogen zu vermerken. Nach der Studie wurden die überzähligen Umschläge vernichtet.

## 8-1 KOGNITIVER FÄHIGKEITSTEST

### *Aufbau, Durchführung und Auswertung des Tests*

Der Kognitive Fähigkeitstest besteht in seiner hier verwendeten Kurzform aus sechs Skalen:

- zwei Skalen zu verbalen Fähigkeiten (Wortschatz und Wortanalogien)
- zwei Skalen zu quantitativen Fähigkeiten (Mengenvergleiche und Zahlenreihen)
- zwei Skalen zu nonverbalen Fähigkeiten (Figurenklassifikationen und Figurenanalogien)

Der zeitliche Ablauf der Durchführung ist streng durch das Manual (HELLER & PERLETH 2000) vorgegeben und wurde in der Studie genau eingehalten.

Zur Auswertung werden zunächst für jede Skala die Anzahl der richtigen Antworten ausgezählt. Diese Anzahlen werden ebenso wie die Summen der richtigen Antworten pro Fähigkeit und die Gesamtsumme der richtigen Antworten anhand von Tabellen in t-Werte umgesetzt. Diesen Tabellen liegt eine Eichstichprobe zugrunde, deren Ergebnis auf einen Mittelwert von 50 mit einer Standardabweichung von 10 normiert wurde. In Einzelfällen war es nicht möglich, einem Probanden einen t-Wert zuzuordnen, da das erzielte Ergebnis unter dem im Manual vorgesehenen Rahmen lag. Dies betraf jedoch nur einzelne Skalen, im Gesamtergebnis des Tests konnte allen Probanden ein t-Wert zugeordnet werden.

### *Ergebnisse*

Für den Kognitiven Fähigkeitstest liegen die Daten aller 27 Probanden vor. Die folgende Tabelle fasst alle Ergebnisse zusammen:

Tabelle 15: Ergebnisse des Kognitiven Fähigkeitstests (t-Werte)

Fähigkeit	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
Verbal Teil 1	44,08	8,82	47,57	6,54	–
Verbal Teil 2	44,08	7,43	45,07	8,84	–
Verbal gesamt	43,15	7,58	46,07	7,60	–
Quantitativ Teil 1	48,77	12,21	46,43	10,93	–
Quantitativ Teil 2	52,77	8,50	49,85 <sup>1</sup>	10,97	–
Quantitativ gesamt	49,23	11,48	48,92 <sup>2</sup>	10,29	–
Nonverbal Teil 1	46,77	14,65	54,15 <sup>1</sup>	9,90	–
Nonverbal Teil 2	49,46	14,28	53,29	11,26	–
Nonverbal gesamt	46,38	16,92	52,29	13,56	–
KFT gesamt	44,15	12,67	47,86	11,97	–

<sup>1</sup>Einem Probanden konnte kein t-Wert zugeordnet werden.

<sup>2</sup>Zwei Probanden konnte kein t-Wert zugeordnet werden.

Zwar ist die Kontrollgruppe der Interventionsgruppe in den meisten Fällen tendenziell überlegen, es zeigen sich jedoch keinerlei signifikante Unterschiede. Es fällt allerdings auf, dass die Gruppen etwa eine halbe bzw. eine viertel Standardabweichung unter der Eichstichprobe liegen. Dies könnte dadurch erklärt werden, dass sich die Eichstichprobe für die gymnasiale Oberstufe nur aus bayerischen Schülerinnen und Schülern zusammensetzte (vgl. HELLER & PERLETH 2000). Verbunden mit der höheren Selektivität des bayerischen Gymnasiums könnte dies zu einer Überschätzung der bundesweiten Gesamtstichprobe geführt haben. Diese Frage ist für die Studie aber letztlich ohne Belang.

## 8-2 TIMSS-TEST

### *Aufbau, Durchführung und Auswertung des Tests*

Der verwendete TIMSS-Test setzte sich aus 63 Items für die TIMSS-Populationen II (7./8. Jahrgangsstufe) und 21 Items für die Population III (Ende der Sekundarstufe II) zusammen. Für die Auswertung wurden die entsprechenden Handbücher der TIMS-Studie herangezogen. Dies war insbesondere für die Analyse der wenigen offenen Items notwendig.

Es werden nun getrennt die Ergebnisse des Pre- und Post-Test dargestellt und mittels eines t-Tests für unabhängige Stichproben auf mögliche signifikante Differenzen untersucht. Anschließend werden beide Tests mit einem t-Test für abhängige Stichproben auf signifikante Veränderungen innerhalb der Gruppen hin

analysiert. Diese Ergebnisse beider Zugänge werden anschließend zusammengefasst.

Es sei jedoch vorab darauf hingewiesen, dass dies zu widersprüchlich erscheinenden Ergebnissen führen kann. Bei abhängigen Stichproben lassen sich Unterschiede eher aufdecken als bei unabhängigen Stichproben. Ein in zwei Gruppen zunächst nicht signifikant verschieden ausgeprägtes Merkmal kann auch im Post-Test ohne signifikanten Unterschied bleiben, selbst wenn der t-Test für abhängige Stichproben eine signifikante Veränderung für eine der Gruppen aufzeigt.

### *Pre-Test-Ergebnisse*

Für den TIMSS-Pre-Test liegen für alle 27 Probanden die Ergebnisse vor. Die Tabelle zeigt die Ergebnisse, zusätzlich aufgegliedert nach den Testteilen zu den TIMSS Populationen II und III:

Tabelle 16: Ergebnisse des TIMSS-Pre-Tests

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
TIMSS II	47,54	6,02	52,71	3,65	*
TIMSS III	8,38	1,98	8,43	2,62	–
TIMSS gesamt	55,92	7,46	61,14	4,87	*

*Maximal zu erreichen waren: 65 Punkte in Teil TIMSS II, 24 Punkte im Teil TIMSS III (89Punkte insgesamt).*

Im Pre-Test zeigt die Kontrollgruppe im Teil TIMSS II eine signifikant bessere Leistung, im Teil TIMSS III gibt es keinen Unterschied zwischen beiden Gruppen. In der Summe beider Testteile zeigt sich die Kontrollgruppe der Interventionsgruppe signifikant überlegen.

### Post-Test-Ergebnisse

Für den TIMSS-Post-Test liegen ebenfalls für alle 27 Probanden die Ergebnisse vor:

Tabelle 17: Ergebnisse des TIMSS-Post-Tests

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
TIMSS II	49,77	4,71	53,43	2,53	*
TIMSS III	9,46	1,76	9,00	1,84	–
TIMSS gesamt	59,23	4,94	62,43	2,98	–

*Maximal zu erreichen waren: 65 Punkte in Teil TIMSS II, 24 Punkte im Teil TIMSS III (89Punkte insgesamt).*

Nach der Intervention zeigt die Kontrollgruppe im Teil TIMSS II eine signifikant bessere Leistung, im Teil TIMSS III gibt es keinen Unterschied. In der Summe beider Testteile zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen Kontrollgruppe und Interventionsgruppe, dass Signifikanzniveau liegt mit 0,0504 knapp über 0,05.

### Vergleich von Pre- und Post-Test-Ergebnissen

Die folgenden beiden Tabellen fassen die Ergebnisse beider TIMSS-Tests zusammen. Tabelle 18 zeigt die Pre- und Post-Testergebnisse beider Gruppen im Vergleich. Tabelle 19 stellt die Differenzen zwischen Pre- und Post-Testergebnissen beider Gruppen gegenüber.

Tabelle 18: Ergebnisse des TIMSS-Pre- und Post-Tests im Vergleich

		Pre-Test		Post-Test		Signifikanz
		Mittelwert	Standardabw	Mittelwert	Standardabw	
Interven- tions- gruppe	TIMSS II	47,54	6,02	49,77	4,71	–
	TIMSS III	8,38	1,98	9,46	1,76	–
	TIMSS gesamt	55,92	7,46	59,23	4,94	–
Kontroll- gruppe	TIMSS II	52,71	3,65	53,43	2,53	–
	TIMSS III	8,43	2,62	9,00	1,84	–
	TIMSS gesamt	61,14	4,87	62,43	2,98	–

*Maximal zu erreichen waren: 65 Punkte in Teil TIMSS II, 24 Punkte im Teil TIMSS III (89Punkte insgesamt).*

Tabelle 19: Differenzen zwischen TIMSS-Pre- und Post-Tests

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
TIMSS II	2,23	4,82	0,71	4,07	–
TIMSS III	1,08	1,93	0,57	2,68	–
TIMSS gesamt	3,31	5,51	1,29	4,29	–

Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede, weder innerhalb der Gruppen zwischen den Ergebnissen aus Pre- und Post-Test (Tabelle 18) noch zwischen den Gruppen in den Zuwächsen vom Pre- zum Post-Test (Tabelle 19). Allerdings ist der Gesamtzuwachs in der Interventionsgruppe nur knapp nicht signifikant (0,051).

### *Zusammenfassung der Ergebnisse aus den TIMSS-Tests*

Im Pre-Test zeigt die Kontrollgruppe also insgesamt eine signifikant bessere Leistung als die Interventionsgruppe. Dies gilt insbesondere für den Testteil TIMSS II. Zwischen Pre- und Post-Test ergeben sich zwar keine signifikanten Veränderungen, im Post-Test zeigt die Kontrollgruppe aber nur im Testteil TIMSS II signifikant bessere Leistungen. Im Gesamtest ist nach der Intervention kein signifikanter Unterschied mehr zwischen Interventions- und Kontrollgruppe festzustellen.

## **8-3 INTERESSEN- UND MOTIVATIONSFRAGEBOGEN**

### *Aufbau, Durchführung und Auswertung des Tests*

Der auf dem TIMSS-Hintergrundfragebogen aufbauende Interessen- und Motivationsfragebogen umfasst 38 Skalen:

1. Fach- und Sachinteresse Physik
2. Fach- und Sachinteresse Technik
3. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1
4. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2
5. Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik
6. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Mathematik
7. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Physik
8. Generelle Leistungsangst
9. Allgemeines Selbstkonzept der Begabung
10. Soziale Vergleichsorientierung
11. Aufgabenorientierung
12. Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 1
13. Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 2
14. Selbstkonzept soz. Kompetenz: Durchsetzungsfähigkeit
15. Selbstkonzept soz. Kompetenz: wahrgenommene Anerkennung
16. Freizeitinteressen: Sozialpflege und Beziehung
17. Freizeitinteressen: Politik und Wirtschaft
18. Freizeitinteressen: Unterhaltung
19. Freizeitinteressen: Technik
20. Freizeitinteressen: Tiere und Natur
21. Freizeitinteressen: Mathematik

22. Freizeitinteressen: Musik machen
23. Freizeitinteressen: Künstlerische Tätigkeiten
24. Freizeitinteressen: Literatur und Sprache
25. Freizeitinteressen: Sport treiben
26. Freizeitinteressen: Kochen und Backen
27. Physikalisches Weltbild, Subskala 1
28. Physikalisches Weltbild, Subskala 2
29. Physikalisches Weltbild, Subskala 3
30. Lernstrategie Selektion
31. Lernstrategie Planung und Überwachung
32. Lernstrategie Memorieren
33. Lernstrategie Integration und Transfer
34. Internes Ressourcenmanagement bzgl. Zeit
35. Internes Ressourcenmanagement bzgl. Planung
36. Unterrichtsstrategie Physik: Verständnis
37. Unterrichtsstrategie Physik: Schülerexperimente
38. Unterrichtsstrategie Physik: Demonstrationsunterricht

Jede Skala umfasst zwei bis sechs Items. Die Items sind auf einer vierstufigen Likert-Skala zu beantworten, die Items zu Freizeitinteressen abweichend auf einer fünfstufigen Likert-Skala. Der Skalenwert ergibt sich als Mittelwert der zugehörigen Items, wobei mögliche Umpolungen einzelner Items zu berücksichtigen sind. Diese Umpolungen, die zum Teil alle Items einer Skala betreffen, sind auch für die Interpretation der Skalenwerte entscheidend. Details sind dem entsprechenden Skalenhandbuch zu entnehmen (REYER ET AL. 2003).

Es soll hier darauf verzichtet werden, alle Skalen näher zu erläutern. Dies geschieht im Rahmen der Ergebnisdarstellung für die sich als relevant erweisenden Skalen. Die Ergebnisdarstellung wird zudem auf Skalen beschränkt, bei denen sich signifikante Unterschiede ergeben. Alle Skalenwerte aus Pre- und Post-Test finden sich in tabellarischer Form am Ende dieses Kapitels (siehe Tabelle 24, Seite 156).

Wie schon bei der Darstellung der TIMSS-Ergebnisse werden auch hier zunächst die Ergebnisse der Pre- und Post-Tests dargestellt. Anschließend werden beide Tests auf signifikante Veränderungen innerhalb der Gruppen analysiert. Dabei gilt wiederum der Hinweis, dass aus beiden Zugängen scheinbar widersprüchliche Ergebnisse resultieren können.

Für den Pre-Test liegen die Daten aller 27 Probanden vor, für den Post-Test fehlen allerdings die Daten von zwei Probanden der Interventionsgruppe. Aufgrund der zeitlichen Nähe des Post-Tests zu den Sommerferien konnten diese Daten nicht nachträglich erhoben werden. Um die Vergleichbarkeit der Tests untereinander zu bewahren, beschränkt sich die Auswertung dieses Teils auf 25 Probanden, elf Probanden der Interventionsgruppe und 14 Probanden der Kontrollgruppe.



*Pre-Test-Ergebnisse*

Im Pre-Test zeigen sich auf sieben Skalen signifikante Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe:

Tabelle 20: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Pre-Tests

	Skala	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
		Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
12.	Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 1	2,95	0,61	3,39	0,45	*
13.	Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 2	3,05	0,47	2,43	0,58	**
18.	Freizeitinteressen: Unterhaltung	4,73	0,34	4,27	0,48	*
26.	Freizeitinteressen: Kochen und Backen	4,00	0,97	2,93	1,16	*
34.	Internes Ressourcenmanagement bzgl. Zeit	3,27	0,56	2,82	0,32	*
35.	Internes Ressourcenmanagement bzgl. Planung	2,41	0,66	3,07	0,55	*
37.	Unterrichtsstrategie Physik: Schülerexperimente	1,52	0,39	1,23	0,29	*

Der niedrigere Wert der Interventionsgruppe bei der Kontingenzüberzeugung naturwissenschaftlichen Unterrichts, Subskala 1, bedeutet, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe gute Leistungen in naturwissenschaftlichen Fächern stärker auf Begabung, Talent und Glück zurückführen als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. Umgekehrt werden in der Kontrollgruppe gute Leistungen stärker durch Fleiß erklärt (Subskala 2).

Im Bereich der Freizeitinteressen zeigt die Interventionsgruppe ein höheres Interesse an den Bereichen ‚Unterhaltung‘ sowie ‚Kochen und Backen‘.

Beim internen Ressourcenmanagement zeigen sich zwei weitere Unterschiede zwischen den Gruppen: Die Interventionsgruppe hat weniger Probleme mit Zeitdruck und Zeitplanung bei der Vorbereitung auf den Physikunterricht. Dagegen bevorzugt es die Kontrollgruppe, vor der eigentlichen Vorbereitung auf den Physikunterricht einen Plan zu erstellen.

Beide Gruppen haben in ihrem Physikunterricht bisher nur selten Schülerexperimente durchgeführt (im Bereich zwischen ‚nie oder fast nie‘ und ‚in einigen Stunden‘). Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe berichten in diesem Rahmen aber noch einmal über weniger Schülerexperimente als die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe.

### Post-Test-Ergebnisse

Im Post-Test sind auf zwei Skalen signifikante Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe festzustellen:

Tabelle 21: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Post-Tests

	Skala	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
		Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
12.	Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 1	2,55	0,82	3,21	0,70	*
26.	Freizeitinteressen: Kochen und Backen	3,86	1,16	2,43	1,41	*

Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe führen gute Leistungen in naturwissenschaftlichen Fächern stärker auf Begabung, Talent und Glück zurück als die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. (Kontingenzüberzeugung naturwissenschaftlicher Unterricht, Subskala 1). Außerdem zeigt die Interventionsgruppe ein höheres Interesse am Freizeitinteresse ‚Kochen und Backen‘.

### Vergleich von Pre- und Post-Test-Ergebnissen

Ein Vergleich von Pre- und Post-Tests der einzelnen Gruppen lässt vier bzw. fünf signifikante Veränderungen erkennen:

Tabelle 22: Ergebnisse des Interessen- und Motivations-Pre- und Post-Test im Vergleich

Gruppe	Skala	Mittelwert Pre-Test	Mittelwert Post-Test	Differenz	Signifikanz
		Test	Test		
Interventionsgruppe	16. Freizeitinteressen: Sozialpflege und Beziehung	3,23	4,00	+0,73	*
	28. Physikalisches Weltbild, Subskala 2	2,89	2,45	-0,44	*
	32. Lernstrategie Memorieren	2,64	1,84	-0,80	*
	37. Unterrichtsstrategie Physik: Schülerexperimente	1,52	2,00	+0,48	**
Kontrollgruppe	3. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1	2,83	2,44	-0,39	*
	4. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2	2,75	2,04	-0,71	**
	20. Freizeitinteressen: Tiere und Natur	2,25	1,54	-0,71	**
	34. Internes Ressourcenmanagement bzgl. Zeit	2,82	3,39	+0,57	*
	37. Unterrichtsstrategie Physik: Schülerexperimente	1,23	1,73	+0,50	*

In der Interventionsgruppe steigt das Freizeitinteresse im Bereich ‚Sozialpflege und Beziehung‘. Der gesunkene Wert aus der Skala ‚Physikalisches Weltbild, Subskala 2‘ bedeutet, dass die Zustimmung zu Aussagen wie *„Physikalische Gesetze bilden den Bauplan der Welt“* und *„Physikalisches Wissen ist über alle Zweifel erhaben“* abgenommen hat. Die Veränderung dieses Skalenwertes könnte also damit umschrieben werden, dass der „Glaube an die Allwissenheit der Physik“ abgenommen hat. Die Lernstrategie Memorieren wird nach der Intervention weniger genutzt als vor der Intervention. Die Anzahl der Schülerexperimente im Unterricht hat aus Sicht der Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe zugenommen.

Der letzte Punkt gilt ebenso für die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe. In der Kontrollgruppe nimmt außerdem das Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften auf beiden Subskalen ab. Subskala 1 umfasst die Fächer Mathematik, Chemie und Physik, Subskala 2 die Fächer Erdkunde und Biologie. Im Freizeitbereich nimmt das Interesse an Tieren und Natur ab. Zudem hat sich der Umgang mit Zeitplanung in der Kontrollgruppe verbessert.

Zur genaueren Untersuchung des Interessenrückgangs an Naturwissenschaften in der Kontrollgruppe sind die beiden betreffenden Skalen zusätzlich nach Unterrichtsfächern aufgeschlüsselt worden, und zwar für beide Gruppen. Die entsprechenden Daten finden sich in Tabelle 23:

Tabelle 23: Aufschlüsselung des Interesses an Mathematik und Naturwissenschaften nach Unterrichtsfächern

Gruppe	Interesse an...	Mittelwert Pre-Test	Mittelwert Post-Test	Differenz	Signifikanz
Kontrollgruppe	Mathematik	3,21	2,93	-0,28	–
	Chemie	1,92	1,85	-0,07	–
	Physik	3,23	2,62	-0,61	–
	Biologie	2,36	1,93	-0,43	–
	Erdkunde	3,14	2,14	-1,00	**
Interventionsgruppe	Mathematik	3,55	3,45	-0,10	–
	Chemie	2,45	2,27	-0,18	–
	Physik	3,36	3,36	–	–
	Biologie	2,27	2,55	+0,28	–
	Erdkunde	2,73	2,00	-0,73	*

Trotz der zuvor attestierten Veränderung auf der Subskala 1 des Interesses für Mathematik und Naturwissenschaften, gibt es weder für Mathematik, noch für Chemie oder Physik eine signifikante Veränderung. Der Rückgang im Bereich Physik verfehlt das Signifikanzniveau allerdings nur knapp (0,055). Der Rückgang auf der

Subskala 2 beruht anscheinend im Wesentlichen auf dem Fach Erdkunde, das auch in der Interventionsgruppe einen Rückgang des Interesses aufweist.

*Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem Interessen- und Motivationsfragebogen*

Tabelle 24 enthält alle Ergebnisse der Interessen- und Motivationsfragebögen. Signifikante und hoch signifikante Unterschiede zwischen Pre- und Post-Test sind jeweils durch Fettdruck der entsprechenden Werte hervorgehoben, signifikante und hoch signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen innerhalb des Pre- bzw. Post-Tests durch Unterstreichungen der entsprechenden Werte.

Im Pre-Test führen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe gute Leistungen in naturwissenschaftlichen Fächern stärker auf Begabung, Talent und Glück zurück, die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe mehr auf Fleiß. Die Interventionsgruppe hat ihren Angaben nach bei der Vorbereitung auf den Physikunterricht weniger Probleme mit Zeitdruck und Zeitplanung. Dagegen bevorzugt es die Kontrollgruppe, vor der eigentlichen Vorbereitung einen Plan zu erstellen. Beide Gruppen haben im Physikunterricht bisher wenige Schülerexperimente durchgeführt, die Kontrollgruppe jedoch wiederum noch mal weniger als die Interventionsgruppe. Außerdem zeigen sich im Pre-Test zwei Unterschiede bei Freizeitinteressen.

Im Post-Test verschwinden alle Unterschiede zwischen den Gruppen, abgesehen von zwei Skalen: Weiterhin führen die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe gute Leistungen in den Naturwissenschaften stärker auf Begabung, Talent und Glück zurück. Der zweite Unterschied im Post-Test betrifft eine Skala zu Freizeitinteressen.

Beim Vergleich der Pre- und Post-Tests innerhalb der Gruppen sind mit dem empfindlicheren Instrument des t-Tests für gepaarte Stichproben mehr Veränderungen erkennbar. In der Interventionsgruppe hat der „Glaube an die Allwissenheit der Physik“ (Physikalisches Weltbild, Subskala 2) abgenommen. Die Lernstrategie Memorieren wird zum Physiklernen weniger genutzt als vor der Intervention. Aus Sicht der Schülerinnen und Schüler hat die Anzahl von Schülerexperimenten zugenommen. Hinzu kommt eine Veränderung im Freizeitbereich ‚Sozialpflege und Beziehung‘.

Auch in der Kontrollgruppe hat die Anzahl von Schülerexperimenten aus Sicht der Schülerinnen und Schüler zugenommen. Der Umgang mit Zeitdruck und Zeitplanungen hat sich verbessert. Auffällig ist ein allgemeiner Rückgang des Interesses für Mathematik und Naturwissenschaften in der Kontrollgruppe: Dies betrifft sowohl die beiden entsprechenden Subskalen als auch das Freizeitinteresse an Tieren und Natur.

Eine Aufschlüsselung des Interessenrückgangs an Mathematik und Naturwissenschaften nach Unterrichtsfächern zeigt in der Kontrollgruppe, dass dies in erster Linie auf einen hoch signifikanten Rückgang im Fach Erdkunde zurückzuführen ist. In den anderen Fächern (Mathematik, Physik, Chemie, Biologie) zeigt sich kein signifikanter Rückgang des Interesses, wobei in Physik das geforderte Signifikanzniveau nur knapp verfehlt wird (0,055). Bei einer entsprechenden Analyse für die Interventionsgruppe fällt das Fach Erdkunde ebenfalls durch einen signifikanten Rückgang auf, das Interesse für das Fach Physik bleibt dagegen konstant.

Bei einem Abgleich der Kursbelegungspläne aller Probanden konnte festgestellt werden, dass insgesamt 18 der 27 Schülerinnen und Schüler beider Gruppen einen gemeinsamen Erdkundekurs belegt haben. Diese 18 Schülerinnen und Schüler verteilen sich hälftig auf Kontroll- und Interventionsgruppe. Dies erklärt den erheblichen Einfluss des Faches Erdkunde in beiden Gruppen.

Tabelle 24: Gesamtübersicht über die Ergebnisse des Interessen- und Motivationsfragebogens

<i>Fettdruck: Unterschiede zwischen Pre- und Post-Test</i> <i>Unterstreichungen: Unterschiede zwischen den Gruppen</i> <i>innerhalb des Pre- bzw. Post-Tests</i>		Interventionsgruppe				Kontrollgruppe			
		Pre-Test		Post-Test		Pre-Test		Post-Test	
		MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
1.	Fach- und Sachinteresse Physik	2,68	0,46	2,85	0,69	2,50	0,56	2,25	0,84
2.	Fach- und Sachinteresse Technik	2,75	0,58	3,02	0,41	<b>2,96</b>	0,68	<b>2,88</b>	0,70
3.	Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1	3,12	0,69	3,03	0,86	<b>2,83</b>	0,84	<b>2,44</b>	0,82
4.	Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2	2,50	0,63	2,27	0,79	2,75	0,64	2,04	0,69
5.	Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik	3,03	1,01	3,27	0,96	2,95	0,73	2,69	1,05
6.	Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Mathematik	3,48	0,76	3,64	0,92	3,43	0,55	3,36	0,79
7.	Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Physik	3,32	0,45	3,59	0,66	3,16	0,43	3,04	0,75
8.	Generelle Leistungsangst	1,82	0,50	2,30	1,05	2,31	0,77	2,69	0,99
9.	Allgemeines Selbstkonzept der Begabung	3,44	0,60	3,64	0,42	3,30	0,80	3,17	0,86
10.	Soziale Vergleichsorientierung	2,12	0,64	1,94	1,15	2,31	1,00	2,55	1,17
11.	Aufgabenorientierung	3,36	0,41	3,03	0,95	3,45	0,46	3,24	0,48
12.	Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 1	<u>2,95</u>	0,61	<u>2,55</u>	0,82	<u>3,39</u>	0,45	<u>3,21</u>	0,70
13.	Kontingenzüberzeugung naturwiss. Unterricht, Subskala 2	<u>3,05</u>	0,47	3,05	0,88	<u>2,43</u>	0,58	2,57	1,19
14.	Selbstkonzept soz. Kompetenz: Durchsetzungsfähigkeit	2,79	0,64	3,03	1,05	3,00	0,80	3,02	0,93
15.	Selbstkonzept soz. Kompetenz: wahrgenommene Anerkennung	3,18	0,56	3,21	1,00	3,57	0,66	3,33	0,78
16.	Freizeitinteressen: Sozialpflege und Beziehung	<b>3,23</b>	0,72	<b>4,00</b>	1,00	2,82	1,22	3,21	1,28
17.	Freizeitinteressen: Politik und Wirtschaft	3,18	1,17	3,27	1,17	2,38	0,98	2,68	1,48
18.	Freizeitinteressen: Unterhaltung	<u>4,73</u>	0,34	4,59	0,58	<u>4,27</u>	0,48	3,92	1,13
19.	Freizeitinteressen: Technik	3,36	1,00	3,36	1,12	2,82	1,15	2,71	1,01
20.	Freizeitinteressen: Tiere und Natur	2,18	0,87	2,41	1,38	<b>2,25</b>	0,96	<b>1,54</b>	0,69
21.	Freizeitinteressen: Mathematik	3,64	1,16	3,50	1,36	3,29	1,14	3,04	1,49
22.	Freizeitinteressen: Musik machen	2,36	1,47	2,41	1,59	1,79	1,12	2,11	1,23
23.	Freizeitinteressen: Künstlerische Tätigkeiten	3,18	1,33	3,05	1,74	2,25	0,85	2,04	1,15
24.	Freizeitinteressen: Literatur und Sprache	3,00	1,05	3,00	1,50	2,79	1,03	2,57	1,43
25.	Freizeitinteressen: Sport treiben	3,55	1,29	3,50	1,40	3,11	0,92	2,64	1,41
26.	Freizeitinteressen: Kochen und Backen	<u>4,00</u>	0,97	<u>3,86</u>	1,16	<u>2,93</u>	1,16	<u>2,43</u>	1,41
27.	Physikalisches Weltbild, Subskala 1	3,71	0,19	3,55	0,76	3,71	0,43	3,61	0,43
28.	Physikalisches Weltbild, Subskala 2	<b>2,89</b>	0,36	<b>2,45</b>	0,46	2,92	0,56	2,74	0,82
29.	Physikalisches Weltbild, Subskala 3	1,48	0,41	1,57	0,45	1,57	0,46	1,86	0,57
30.	Lernstrategie Selektion	2,52	0,84	2,41	0,78	2,41	0,58	2,36	1,07
31.	Lernstrategie Planung und Überwachung	3,11	0,40	2,67	0,74	3,23	0,42	2,65	1,06
32.	Lernstrategie Memorieren	<b>2,64</b>	0,62	<b>1,84</b>	0,82	2,52	0,62	2,32	0,91
33.	Lernstrategie Integration und Transfer	2,71	0,67	2,67	0,73	2,71	0,69	2,42	0,87
34.	Internes Ressourcenmanagement bzgl. Zeit	<u>3,27</u>	0,56	2,90	0,97	<b>2,82</b>	0,32	<b>3,39</b>	0,81
35.	Internes Ressourcenmanagement bzgl. Planung	<u>2,41</u>	0,66	2,65	0,67	<u>3,07</u>	0,55	2,96	0,85
36.	Unterrichtsstrategie Physik: Verständnis	2,29	0,33	2,58	0,79	2,13	0,60	2,33	0,58
37.	Unterrichtsstrategie Physik: Schülerexperimente	<b>1,52</b>	0,39	<b>2,00</b>	0,41	<b>1,23</b>	0,29	<b>1,73</b>	0,44
38.	Unterrichtsstrategie Physik: Demonstrationsunterricht	2,97	0,55	2,60	0,56	2,88	0,58	2,86	0,39

#### 8-4 INHALTSTEST ZUR ELEKTRIZITÄTSLEHRE

Nach dem ersten Halbjahr der Intervention wurde in beiden Gruppen ein Inhaltstest zur Elektrizitätslehre eingesetzt. Die Zusammenstellung der Items wurde in Kapitel 5-3 (siehe Seite 115) dargestellt. An dem Test nahmen alle 27 Schülerinnen und Schüler teil. Maximal waren 65 Punkte zu erreichen.

Tabelle 25: Ergebnisse des Inhaltstests zur Elektrizitätslehre

	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standardabw.	Mittelwert	Standardabw.	
Gesamtpunktzahl	33,08	5,47	31,64	4,38	–

Die Tabelle zeigt zwar eine etwas höhere mittlere Gesamtpunktzahl auf Seiten der Interventionsgruppe, der Unterschied zur Kontrollgruppe ist jedoch nicht signifikant.

#### 8-5 INHALTSTEST ZUR MECHANIK

##### *Aufbau, Durchführung und Auswertung des Tests*

Nach dem zweiten Halbjahr der Intervention, kurz vor Beginn der Sommerferien 2003, wurde in beiden Gruppen ein Inhaltstest zur Mechanik durchgeführt. Die Zusammenstellung der Items wurde bereits in Kapitel 5-3 (siehe Seite 115) erläutert. Der Test fand am selben Tag wie der Interessen- und Motivations-Post-Test statt, sodass auch hier die Daten von zwei Probanden aus der Interventionsgruppe fehlen. Bei der Durchführung und Auswertung des Mechanik-Tests tauchten allerdings zwei erhebliche Probleme auf:

- Testteil A enthielt eine Reihe von Aufgaben mit offenem Antwortformat. Diese Aufgaben wurden von einer erheblichen Anzahl von Probanden beider Gruppen nicht bearbeitet. Dies deutet darauf hin, dass die Tests von den Schülerinnen und Schülern zunehmend als Belastung empfunden wurden (zur Testbelastung der Probanden siehe auch Kapitel 5-3, Seite 118). Bei der Auswertung des Tests wurde daher Teil A sowohl insgesamt, als auch unter Ausschluss der offenen Items betrachtet. Ebenso wurde für den Gesamttest vorgegangen.

- Zudem wurde der Test in der Kontrollgruppe versehentlich angekündigt. Dies ist dem Video der dem Testzeitpunkt vorangegangenen Unterrichtsstunde zu entnehmen. Die Schülerinnen und Schüler der Kontrollgruppe hätten sich somit auf den Test vorbereiten können. In wie weit dies geschehen ist bleibt unklar, ebenso wie die Frage, ob die Information auch die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe erreicht hat. Eine Befragung der Probanden hat dazu nicht stattgefunden, da die Problematik erst deutlich nach Ende der Studie anhand des Videos erkannt wurde.

Insgesamt müssen die Ergebnisse des Tests zur Mechanik wegen dieser Schwierigkeiten vorsichtig interpretiert werden.

### *Ergebnisse*

Die Ergebnisse der verschiedenen Testteile, mit und ohne Berücksichtigung von Aufgaben mit offenem Antwortformat, finden sich in Tabelle 26. Testteil B entspricht dem Force Concept Inventory (FCI). Zusätzlich wurden diejenigen Aufgaben des Force Concept Inventory, die Teil des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ sind, getrennt betrachtet. Zwar gibt es in den verschiedenen Testteilen kleine Differenzen zwischen den Gruppen, diese sind jedoch in keinem Fall signifikant.

Tabelle 26: Ergebnisse des Inhaltstests zur Mechanik

Gesamtpunktzahl im ... [max. Punktzahl]	Interventionsgruppe		Kontrollgruppe		Signifikanz
	Mittelwert	Standard-abw.	Mittelwert	Standard-abw.	
Testteil A [28]	9,86	5,98	7,29	4,61	–
Testteil A ohne offene Aufgaben [13]	6,00	3,10	5,43	3,18	–
Testteil B (=FCI) [29]	11,09	5,75	12,21	5,77	–
Testteil B, Aufgaben des Aufgabenmoduls „Newton“ [10]	6,00	3,26	5,71	3,38	–
Gesamttest [57]	20,95	10,87	19,50	9,96	–
Gesamttest ohne offene Aufgaben [42]	17,09	8,18	17,64	8,70	–

Zur Einschätzung des Lernerfolgs der beiden Gruppen kann der Anteil der richtig gelösten FCI-Items betrachtet werden. Dieser beträgt in Interventions- und Kontrollgruppe 38% bzw. 42%, für beide Gruppen insgesamt etwa 40 %. SCHECKER & GERDES (1999) beschreiben eine Studie zum Einsatz von Modellbildungssystemen im Physikunterricht. Diese fand ebenfalls in einer Stufe 11 statt. Die Interventionsgruppen erreichen im Nachtest 44% bzw. 67%, die Kontrollgruppen 44%



bzw. 57%. Damit liegen die Gruppen der hier vorgestellten Untersuchung zwar unterhalb der Ergebnisse, die bei SCHECKER & GERDES (1999) berichteten Resultate wurden allerdings in Leistungskursen erzielt, womit eine positive Selektion der Probanden sowie eine längere Beschäftigung mit dem Stoff unterstellt werden kann. Die hier erzielten Lernerfolge erscheinen somit akzeptabel.

## 8-6 KORRELATIONEN ZWISCHEN DEN TESTDATEN

Die Möglichkeit, die einzelnen Testbögen eines Probanden aufgrund des Identifikationsetiketts (siehe Beginn von Kapitel 8, Seite 143) einander zuzuordnen, soll nun zur Analyse von Korrelationen zwischen den einzelnen Tests und Testteilen genutzt werden. Dazu wird eine bivariate Korrelation nach Pearson berechnet.

Dies hat eher deskriptiven Charakter und steht nicht im direkten Zusammenhang mit den Hypothesen der Studie. Es werden daher nicht alle Daten berücksichtigt, die Analyse beschränkt sich auf die vorhandenen Leistungsdaten sowie auf die ersten acht Skalen des Interessen- und Motivations-Pre-Tests:

1. Fach- und Sachinteresse Physik
2. Fach- und Sachinteresse Technik
3. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1
4. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2
5. Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik
6. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Mathematik
7. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Physik
8. Generelle Leistungsangst

Zusätzlich wurde die Gruppenzugehörigkeit berücksichtigt. Diese korreliert jedoch nur signifikant mit dem Testteil zur Population II des TIMSS-Pre-Tests. Dies korrespondiert mit den bereits dargestellten Ergebnissen (siehe Kapitel 8-2, Seite 146).

### *Zusammenhang zwischen TIMSS-Pre- und Post-Test*

Tabelle 27 zeigt das Ergebnis der Korrelationsrechnung. Erwartungsgemäß korrelieren die einzelnen Test-Teile innerhalb von Pre- und Post-Test zumeist mit dem Gesamtergebnis. Alle Teile des Pre-Tests korrelieren hoch signifikant positiv mit

dem Gesamtergebnis des Post-Tests. Andererseits korrelieren die einzelnen Teile des Pre-Tests hoch signifikant negativ mit den Differenzen zwischen Pre- und Post-Test. Dieser scheinbare Widerspruch ist dadurch zu erklären, dass die im Pre-Test schlechteren Probanden tendenziell zwar einen höheren Zuwachs erreichen, die Zuwächse insgesamt aber so klein sind, dass Pre- und Post-Test dennoch positiv korrelieren. Ein Deckeneffekt ist dagegen auszuschließen (siehe Kapitel 8-2, Seite 146).

Tabelle 27: Korrelationen zwischen TIMSS-Pre- und Post-Test

		Pre-Test			Post-Test			Differenz		
		Pop II	Pop III	gesamt	Pop II	Pop III	gesamt	Pop II	Pop III	gesamt
Pre-Test	Pop II	–		0,95**	0,59**		0,57**	-0,80**	-0,71**	
	Pop III		–	0,63**			0,55**			-0,70**
	gesamt	0,95**	0,63**	–	0,63**		0,66**	-0,80**	-0,62**	-0,54**
Post-Test	Pop II	0,59**		0,63**	–		0,90**			-0,53**
	Pop III					–				0,41*
	gesamt	0,57**	0,55**	0,66**	0,90**		–			
Differenz	Pop II	-0,80**		-0,80**				–	0,88**	0,45**
	Pop III	-0,71**		-0,62**				0,88**	–	
	gesamt		-0,70**	-0,54**	-0,53**	0,41*		0,45**		–

### *Zusammenhang zwischen den Teilen des Mechaniktests*

Die Tabelle zeigt, dass alle Testteile untereinander hoch signifikant positiv korrelieren. Überraschend ist dabei, dass der Gesamttest stärker mit den ausgewählten Aufgaben, die Teil des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ sind, korreliert als mit beiden umfangreicheren Testteilen A und B, wobei letzterer dem Force Concept Inventory entspricht.

Tabelle 28: Korrelation zwischen den Teilen des Mechaniktests

	Testteil A	Testteil B (FCI)	Gesamttest	ausgewählte Newton Aufgaben
Testteil A	–	0,72**	0,92**	0,87**
Testteil B (FCI)	0,72**	–	0,93**	0,90**
Gesamttest	0,92**	0,93**	–	0,95**
ausgewählte Newton Aufgaben	0,87**	0,90**	0,95**	–

*Zusammenhang zwischen den Skalen des kognitiven Fähigkeitstests (KFT)*

Die drei im KFT unterschiedenen Fähigkeiten korrelieren alle positiv und hoch signifikant mit dem Gesamtergebnis. Untereinander sind die verschiedenen Fähigkeiten weitgehend unabhängig, lediglich verbale und nonverbale Fähigkeiten korrelieren signifikant. Diese Ergebnisse unterstreichen die Brauchbarkeit des KFT als Testinstrument.

Tabelle 29: Zusammenhang zwischen den Skalen des kognitiven Fähigkeitstests (KFT)

	Verbale Fähigkeiten	Quantitative Fähigkeiten	Nonverbale Fähigkeiten	KFT gesamt
Verbale Fähigkeiten	–		0,41*	0,62**
Quantitative Fähigkeiten		–		0,70**
Nonverbale Fähigkeiten	0,41*		–	0,85**
KFT gesamt	0,62**	0,70**	0,85**	–

*Zusammenhang zwischen den Skalen des Interessen- und Motivationsfragebogens*

Die Korrelationsanalyse für die acht ausgewählten Skalen des Interessen- und Motivationsfragebogens (Tabelle 30) liefert keine überraschenden Ergebnisse. Die Subskala 1 des Interesses für Mathematik und Naturwissenschaften, die die Fächer Mathematik, Chemie und Physik umfasst, korreliert positiv mit Fach- und Sachinteresse für Physik, mit den Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik sowie mit den fachspezifischen Selbstkonzepten der Begabung für Mathematik und Physik. Die Subskala 2 (umfasst Biologie und Erdkunde) korreliert dagegen mit keiner anderen Skala.

Das Fach- und Sachinteresse für Physik korreliert zudem mit den Einstellungen, Überzeugungen und Interessen bzgl. Mathematik sowie dem fachspezifischen Selbstkonzept der Begabung für Physik. Außerdem korrelieren das fachspezifische Selbstkonzept der Begabung für Mathematik und die Einstellungen, Überzeugungen und Interessen bzgl. Mathematik. Überraschend mag höchstens sein, dass das Interesse für Technik mit keiner der anderen sieben Skalen korreliert.

Tabelle 30: Zusammenhang zwischen den ausgewählten Skalen des Interessen- und Motivationsfragebogens

	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.
I. Fach- und Sachinteresse Physik	–		0,57**		0,40*		0,58**	
II. Fach- und Sachinteresse Technik		–						
III. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1	0,57**		–		0,83**	0,68**	0,45*	
IV. Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2				–				
V. Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik	0,40*		0,83**		–	0,81*		
VI. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Mathematik			0,68**		0,81*	–		
VII. Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Physik	0,58**		0,45*				–	
VIII. Generelle Leistungsangst								–

### *Zusammenhang zwischen TIMSS und den anderen Leistungstests*

Signifikante Korrelationen bestehen nur zwischen dem Testteil zur Population III des Post-Tests und den einzelnen Teilen des Mechaniktests. Dieses Ergebnis ist eine Folge der Zusammensetzung der verwendeten Items der Population III: Zwölf der 22 Items gehören zum Inhaltsbereich Mechanik.

Tabelle 31: Zusammenhang zwischen TIMSS und den anderen Leistungstests

		TIMSS Pre-Test			TIMSS Post-Test		
		Pop II	Pop III	gesamt	Pop II	Pop III	gesamt
Mechanik- test	Testteil A					0,51*	
	Testteil B (FCI)					0,46*	
	Gesamttest					0,52*	
	ausgewählte Newton Aufgaben					0,63**	
	Test zur Elektrizitätslehre						

### *Zusammenhang zwischen Intelligenz (KFT) und Leistungstests*

Die mit dem Kognitiven Fähigkeitstest gemessene Intelligenz der Schülerinnen und Schüler korreliert mit einigen Teilen des verwendeten TIMSS-Aufgabentests. Der Zusammenhang wird dabei im Post-Test stärker, was mit einem Zusammenhang zwischen Intelligenz und Lernerfolg erklärt werden könnte. Auch das Ergebnis des Tests zur Elektrizitätslehre korreliert mit der kognitiven Fähigkeit nach dem KFT.

Dagegen fällt auf, dass es keine Korrelation zwischen KFT und dem Mechaniktest gibt. Warum dies so ist, kann mit den vorliegenden Daten nicht abschließend geklärt

werden. Es lässt sich aber vermuten, dass dies auf die Gestalt des Mechaniktests zurückzuführen ist: Er fragt nur einen sehr speziellen Inhaltsbereich der Physik ab, nämlich das Verständnis für Newtonsche Mechanik. Bei einem derart spezifischen Test ist eine Korrelation mit einem allgemeinen Intelligenztest nicht unbedingt zu erwarten.

Außerdem fällt auf, dass keine Korrelationen mit den quantitativen Fähigkeiten des KFT der Schülerinnen und Schüler auftauchen. Dies deckt sich mit der Art der eingesetzten Tests, in denen als Antworten nur selten numerische Ergebnisse, Berechnungen oder Zahlen gefordert werden.

Tabelle 32: Zusammenhang zwischen Intelligenz und Leistungstests

			Verbale Fähigkeiten	Quantitative Fähigkeiten	Nonverbale Fähigkeiten	KFT gesamt
TIMSS	Pre- Test	Pop II			0,49*	
		Pop III				
		gesamt			0,49*	0,42*
	Post- Test	Pop II	0,62**		0,51*	0,62**
		Pop III				
		gesamt	0,44*		0,41*	0,47*
Mechaniktest		Testteil A				
		Testteil B (FCI)				
		Gesamttest				
		ausgewählte Newton Aufgaben				
		Test zur Elektrizitätslehre			0,42*	0,48*

### *Zusammenhang zwischen Interesse/Motivation (InMo) und Leistungstests*

Die Leistungstests hängen offensichtlich unterschiedlich stark mit Interessen und Einstellungen zusammen (Tabelle 33). Die Tests zur Mechanik und Elektrizitätslehre korrelieren mit verschiedenen InMo-Skalen zur Mathematik, insbesondere dem Interesse und dem Selbstkonzept der Begabung. Das Selbstkonzept der Begabung für Physik scheint dagegen nicht relevant zu sein.

Zwischen den InMo-Skalen und den TIMSS-Tests gibt es dagegen nur eine signifikante Korrelation. Das Gesamtergebnis im Post-Test korreliert negativ (!) mit dem Fach- und Sachinteresse für Physik. Auch dieses Ergebnis trägt dazu bei, dass es insgesamt schwierig ist, einen sinnvollen Zusammenhang zwischen Leistungs- und Interessendaten zu erkennen.

Tabelle 33: Zusammenhang zwischen Interesse/Motivation und Leistungstests

TIMSS			Fach- und Sachinteresse Physik	Fach- und Sachinteresse Technik	Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 1	Interesse für Mathematik und Naturwissenschaften, Subskala 2	Einstellungen, Überzeugungen, Interessen bzgl. Mathematik	Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Mathematik	Fachspezifisches Selbstkonzept der Begabung Physik	Generelle Leistungsangst
Mechniktest	Pre- Test	Pop II								
		Pop III								
		gesamt								
	Post- Test	Pop II								
		Pop III								
		gesamt	-0,43*							
ausgewählte Newton Aufgaben	Testteil A	0,42*					0,51*	0,42*		
	Testteil B (FCI)									
	Gesamttest						0,40*			
	Test zur Elektrizitätslehre				0,49*		0,43*	0,59**		

### *Zusammenhang zwischen Interesse/Motivation (InMo) und Intelligenz (KFT)*

Zwischen den berücksichtigten Skalen des Interesses- und Motivationsfragebogens und der Intelligenz der Schülerinnen und Schüler besteht nur ein signifikanter Zusammenhang: Die verbalen Fähigkeiten korrelieren hoch signifikant mit dem fachspezifischen Selbstkonzept der Begabung für Physik – allerdings negativ mit einem Korrelationskoeffizienten von -0,53. Schüler mit hohen verbalen Fähigkeiten halten sich also für weniger begabt in Physik. Ein überaus unerfreuliches Ergebnis. Daher wurde diese Korrelationsrechnung mit den Daten des InMo-Post-Tests wiederholt. Dabei zeigte sich kein Zusammenhang.

## 8-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 8

Beim Intelligenztest KFT zeigen sich kleine Vorteile für die Kontrollgruppe, die jedoch nicht signifikant sind. Im TIMSS-Pre-Test ist die Kontrollgruppe dagegen signifikant besser, insbesondere im Testteil TIMSS II. Im Post-Test zeigt die Kontrollgruppe im Testteil TIMSS II wiederum signifikant bessere Leistungen, im Gesamttest ist jedoch kein signifikanter Unterschied mehr zu attestieren.

Im Interessen- und Motivations-Pre-Test zeigen sich einige Unterschiede, die im Hinblick auf die Studie jedoch keine der beiden Gruppen bevorteilt. Zum Post-Test ergeben sich einige Veränderungen, die auf eine positivere Interessensentwicklung in der Interventionsgruppe hinweisen, die Signifikanz jedoch verfehlen.

In den inhaltsspezifischen Tests zur Elektrizitätslehre und Mechanik ergeben sich keine Unterschiede zwischen den Gruppen.

Die anschließend betrachteten Korrelationen zwischen den Testdaten geben einige Hinweise auf Zusammenhänge zwischen den verwendeten Instrumenten.





## KAPITEL 9

### ANALYSE UND ERGEBNISSE DER VIDEODATEN

---

<b>9-1 KONZEPT DER VIDEOANALYSEN</b>	<b>168</b>
ANALYSE DER UNTERRICHTSVIDEOS NACH REYER	168
AUSWAHL DER ANALYSIERTEN STUNDEN	168
<b>9-2 ANALYSE DER SICHTSTRUKTUR</b>	<b>170</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	170
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	171
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	175
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	179
ZUSAMMENFASSUNG DER SICHTSTRUKTURANALYSEN	184
<b>9-3 ANALYSE DER LEHRZIELTYPEN</b>	<b>184</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	184
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	185
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	186
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	188
ZUSAMMENFASSUNG DER LEHRZIELTYPENANALYSEN	189
<b>9-4 ANALYSE DER INHALTSHANDLUNGEN</b>	<b>189</b>
GRUNDLAGEN DER ANALYSE	189
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“	191
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „KREISBEWEGUNG“	192
ERGEBNISSE ZU DEN STUNDEN „NEWTONSCHE AXIOME“	194
ZUSAMMENFASSUNG DER INHALTSHANDLUNGENANALYSEN	195
<b>9-5 BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG</b>	<b>196</b>
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER SICHTSTRUKTUR	197
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER LEHRZIELTYPEN	198
BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG IN DER KODIERUNG DER INHALTSHANDLUNGEN	199
ZUSAMMENFASSUNG DER BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG	200
<b>9-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 9</b>	<b>201</b>

---

## 9-1 KONZEPT DER VIDEOANALYSEN

### *Analyse der Unterrichtsvideos nach REYER*

Im Rahmen der Vorstudie wurde bereits ein Kodierverfahren zur Videoanalyse entwickelt und erprobt. Dieses Verfahren musste jedoch, insbesondere aufgrund der unzureichenden Kodiererübereinstimmung, für die Hauptstudie verworfen werden (siehe Kapitel 6-4, Seite 131). Stattdessen wird ein Verfahren von REYER (2003a) übernommen, das sich bereits in umfangreichen Anwendungen bewährt hat. Dieses Verfahren wird im Folgenden kurz charakterisiert. Genauere Ausführungen finden sich bei REYER (2003a, S. 117ff.).

Analog zur Theorie der Basismodelle wird dabei zwischen zwei Ebenen des Unterrichts unterschieden (siehe Kapitel 3-2, Seite 38): der Sichtstruktur und der Basis- bzw. Tiefenstruktur. Auf Seiten der Tiefenstruktur wird zusätzlich zwischen der schülerseitigen und der lehrerseitigen Tiefenstruktur unterschieden. Daraus resultiert ein dreiteiliges Kodierverfahren:

- Kodierung der Sichtstruktur
- Kodierung der Lehrzieltypen, d.h. der lehrerseitigen Tiefenstruktur
- Kodierung der Inhaltshandlungen, d.h. der schülerseitigen Tiefenstruktur

Die Darstellung der Ergebnisse der Videoanalysen orientiert sich an diesen drei Kodierebenen. Dabei werden die einzelnen Kodierschritte zunächst jeweils näher erläutert. Da die Analyse jedoch nur auf einen ausgewählten Teil der vorhandenen Videos angewendet wurde, muss zuerst diese Auswahl begründet werden.

### *Auswahl der analysierten Stunden*

Im Hinblick auf die Hypothese HPA2 stand fest, dass in jedem Fall die Interventionsgruppenvideos, in denen das Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ eingesetzt wurde, analysiert werden müssen. Dafür standen die Videos aller vier beobachteten Kleingruppen zur Verfügung. Es wurde das Video mit der besten Tonqualität für die Analyse gewählt. Neben diesen Interventionsgruppenvideos sind entsprechend die inhaltsgleichen Videos der Kontrollgruppe zu berücksichtigen.

Ausgangspunkt für die Auswahl von zwei weiteren zu analysierenden Doppelstunden waren die vorhandenen Kontrollgruppenvideos. Daraus sollten möglichst

anspruchsvolle Stunden (insbesondere keine Übungsstunden) ausgewählt werden. Gleichzeitig waren beide Inhaltsbereiche, Elektrizitätslehre und Mechanik, abzudecken. Basierend auf einer entsprechenden Auswahl aus Videos der Kontrollgruppe wurden dann möglichst inhaltsgleiche Stunden der Interventionsgruppe ergänzt, was durch die enge parallele Planung des Unterrichts in beiden Gruppen problemlos möglich war. Damit wurden insgesamt acht Unterrichtsstunden pro Gruppe zur Analyse ausgewählt:

1. Zwei Stunden zum Thema „Elektrisches Feld“
2. Zwei Stunden zum Thema „Kreisbewegung“
3. Vier Stunden zum Thema „Newtonsche Axiome“

Für die Stunden „Elektrisches Feld“ und „Kreisbewegungen“ liegen die Planungsbögen für die Interventionsgruppe im Anhang vor (siehe Anhang 6, Seite 261). Für die Stunden „Newtonsche Axiome“ liegt kein Planungsbogen vor, da in diesen Stunden ausschließlich das entsprechende Aufgabenmodul bearbeitet wurde. Im Folgenden werden nun nacheinander die Ergebnisse der Analysen von Sichtstruktur, Inhaltshandlungen und Lehrzieltypen dargestellt. Dabei werden die jeweils inhaltsgleichen Stunden von Interventions- und Kontrollgruppe miteinander verglichen. Abschließend werden die Ergebnisse zusammengefasst.

Zuvor sei jedoch noch darauf hingewiesen, dass die Kodierung der Videos völlig unabhängig von der Planung der jeweiligen Unterrichtsstunden stattfand: Der Unterricht wurde zunächst ohne Beteiligung der späteren Kodierer geplant. Diese Planung wurde für die Interventionsgruppe zusätzlich in speziellen Planungsbögen festgehalten. Die Durchführung der Unterrichtsstunden wurde videografiert und nur die Aufnahmen standen den Kodierern bei den Videoanalysen zur Verfügung. Die Kodierer hatten keinen Zugriff auf die Planungsbögen. Dadurch wurde der Prozess der Unterrichtsanalyse vollständig vom Prozess der Planung und Durchführung abgekoppelt. Zur Bewertung des Erfolgs der Intervention im Hinblick auf eine Veränderung des Unterrichts im Sinne der Basismodelle wird es daher ein entscheidendes Kriterium sein, ob die Ergebnisse der Unterrichtsanalysen dennoch mit den ursprünglichen Planungen übereinstimmen.

## 9-2 ANALYSE DER SICHTSTRUKTUR

### *Grundlagen der Analyse*

Die Kodierung der Sichtstruktur orientiert sich an niedrig inferenten Merkmalen des Unterrichts. Grundlage sind Verfahren aus der TIMSS-Videostudie sowie aus der Arbeitsgruppe PRENZEL am Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel (SEIDEL, DALEHEFTE & MEYER 2001; REYER 2003a).

Die Sichtstruktur wird in drei Bereiche gegliedert: das Lehrerverhalten, das Schülerverhalten und die Unterrichtsgestaltung. Dabei werden folgende Kodierungen vorgenommen:

- Lehrerverhalten
  - verbale Lehreraktionen  
(monologisch, dialogisch, Frage, Antwort, Abfrage)
  - manipulative Lehreraktionen  
(zeichnen, aufbauen, abbauen, schreiben/rechnen, orientieren, durchführen/demonstrieren)
- Schülerverhalten
  - verbale Schüleraktionen  
(monologisch, dialogisch, Frage, Antwort)
  - manipulative Schüleraktionen  
(zeichnen, aufbauen, abbauen, schreiben/rechnen/lesen, durchführen/demonstrieren)
  - Unterrichtsbeteiligung  
(initiativ/eigene Ideen, anforderungsgemäß, passiv/unverstanden, passiv/keine Bereitschaft, außerunterrichtlich, vehemente Störung, Nonkonformität)
- Klassenorganisation
  - Interaktionsformen  
(Klassengespräch, Stillarbeit, Gruppenarbeit, Übergang)
  - Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang  
(Einführung/Aktivierung, Austausch/Sammeln von Arbeitsergebnissen, Instruktion/Erarbeitung, Redezeit Schüler, Informationsfluss)

- Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen  
(Schüleraktivität (Haus-)Aufgabenbearbeitung, Schüleraktivität Durchführen von Experimenten, Lehrerverhalten Lernkontrolle, Lehrerverhalten Lernhilfe, Aufgabenform differenziert, Arbeitsform Gruppe arbeitsteilig)

Die Kodierung der Sichtstruktur wird in Intervallen von 15 Sekunden sequentiell vorgenommen (vgl. REYER 2003a, S. 125-130; REYER 2003b, S. 36-55).

Die Sichtstrukturanalyse ist im Hinblick auf die Forschungsfragen dieser Arbeit allerdings von untergeordneter Bedeutung: Zum einen wurde bereits im theoretischen Teil (siehe Kapitel 2-6, Seite 26) dargelegt, dass es keinen erkennbaren Zusammenhang zwischen der Sichtstruktur des Unterrichts und der Leistung der Schülerinnen und Schüler gibt, zum anderen setzt die Theorie der Basismodelle (siehe Kapitel 3, Seite 37) als Kern der Intervention auf der Ebene der Basisstruktur an und lässt daher keine systematischen Unterschiede in der Sichtstruktur erwarten.

Die Sichtstrukturkodierung dient daher in erster Linie zur Bestätigung, dass sich der Unterricht beider Gruppen auf dieser Ebene nicht unterscheidet. Dies hat sich – um das wesentliche Ergebnis dieses Abschnittes vorwegzunehmen – bestätigt. Daher, und weil der ursprüngliche Umfang der Sichtstrukturkodierung weit über den Rahmen dieser Arbeit hinausgehen würde, wird hier nur ein Teil der Ergebnisse zur Sichtstruktur dargestellt. Bei der obigen Liste handelt es sich bereits um eine entsprechende Auswahl von zentralen Kodierungen.

#### *Ergebnisse zu den Stunden „Elektrisches Feld“*

Das verbale Lehrerverhalten ist in beiden Gruppen monologisch und durch Fragen geprägt, wobei in der Kontrollgruppe der Dialog stärker auftritt (Abbildung 1). Als manipulative Lehreraktionen dominiert in der Kontrollgruppe das Schreiben/Rechnen, in der Interventionsgruppe das Zeichnen. Zudem fällt in der Interventionsgruppe der hohe Anteil im Bereich ‚orientieren‘ auf (Abbildung 2).

Abbildung 1: Verbale Lehreraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld"

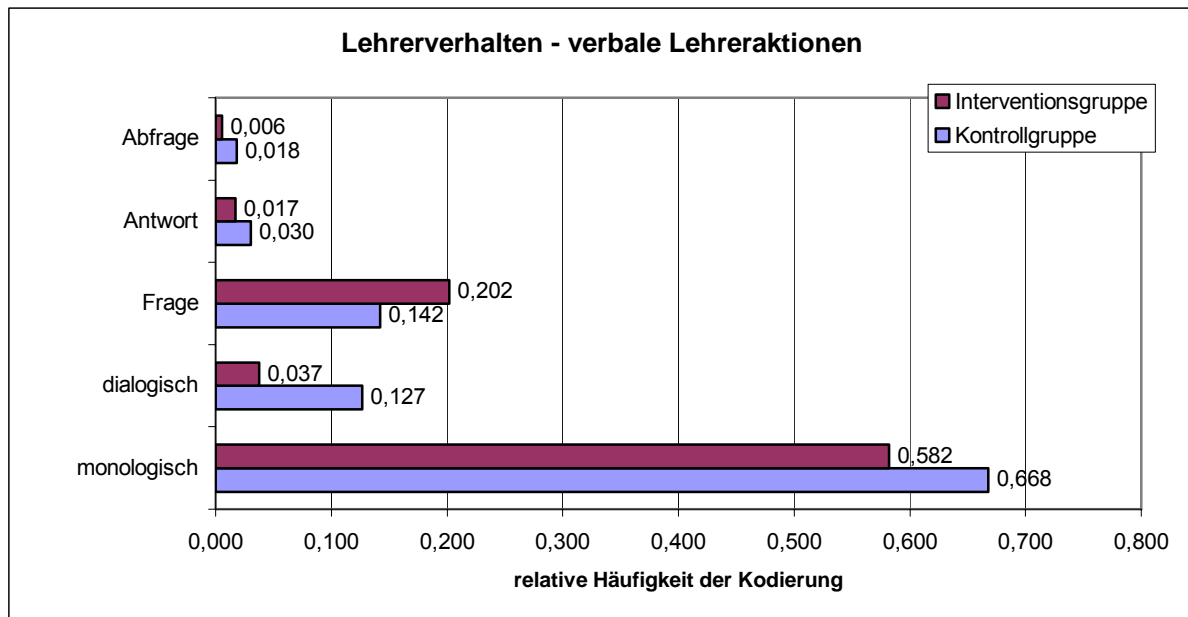
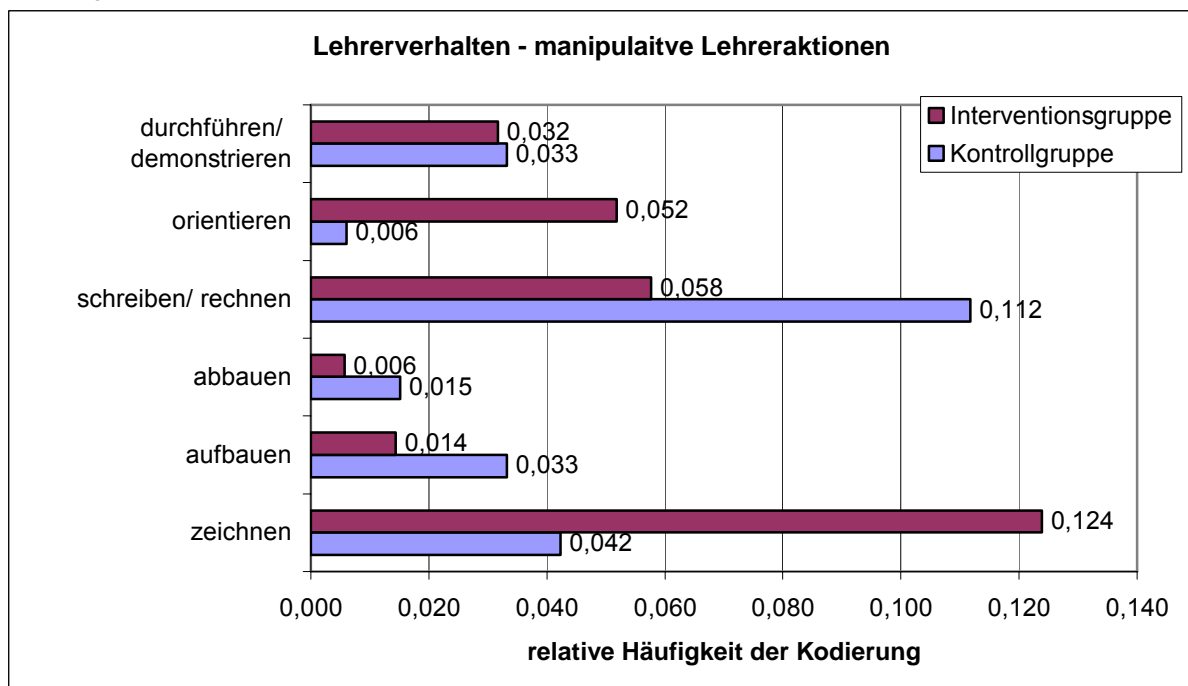


Abbildung 2: Manipulative Lehreraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld"



Der in der Kontrollgruppe stärkere dialogische Anteil spiegelt sich auch in verbalen Schüleraktionen wider (Abbildung 3). Zudem werden in der Kontrollgruppe sehr viel häufiger manipulative Schüleraktionen kodiert (Abbildung 4). Die Unterrichtsbeteiligung ist in beiden Gruppen praktisch durchgehend anforderungsgemäß (99,7% in der Interventions- und 100% in der Kontrollgruppe),

d.h. die Schülerinnen und Schüler sind aktiv und Unterrichtsstörungen kommen praktisch nicht vor.

Abbildung 3: Verbale Schüleraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld"

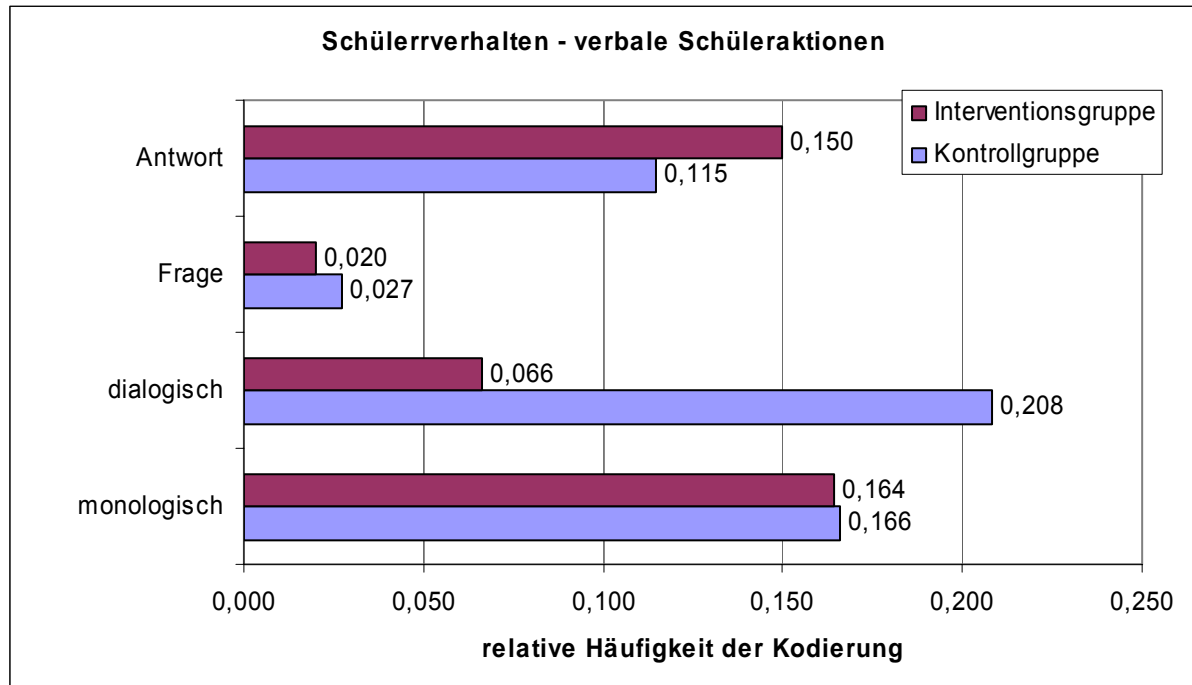
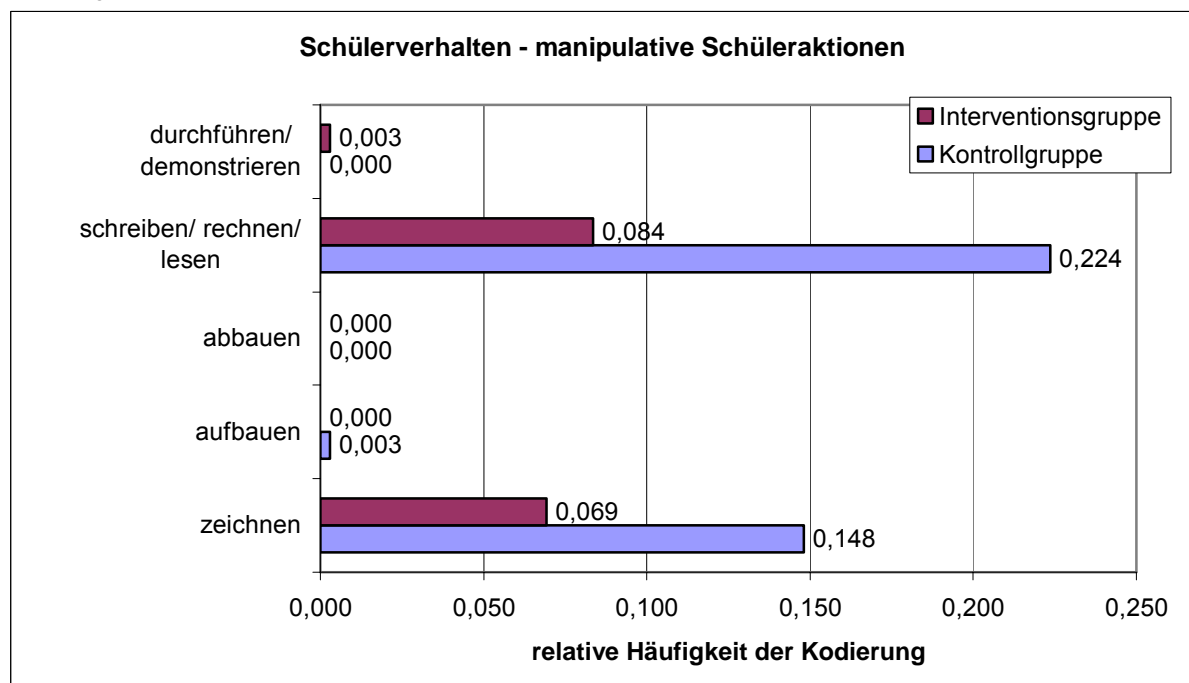


Abbildung 4: Manipulative Schüleraktionen in den Stunden "Elektrisches Feld"



In beiden Gruppen ist das Klassengespräch die dominierende Interaktionsform, wobei in der Kontrollgruppe auch Gruppenarbeit von Bedeutung ist (Abbildung 5). In den Aktivitäten während des Klassengesprächs ähneln sich beide Gruppen sehr

(Abbildung 6). Dies gilt im Wesentlichen auch für die Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen, bei denen in der Kontrollgruppe aber der Aufgabenbearbeitung ein größerer Stellenwert zukommt (Abbildung 7).

Abbildung 5: Interaktionsformen in den Stunden "Elektrisches Feld"

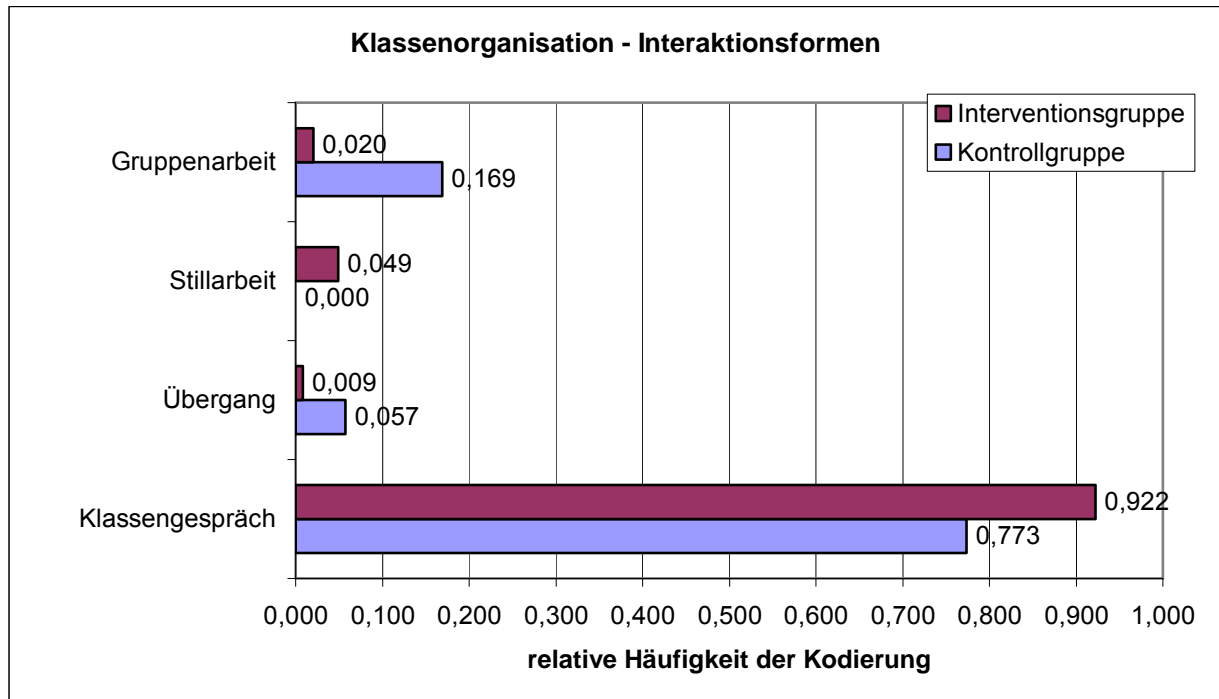


Abbildung 6: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in den Stunden "Elektrisches Feld"

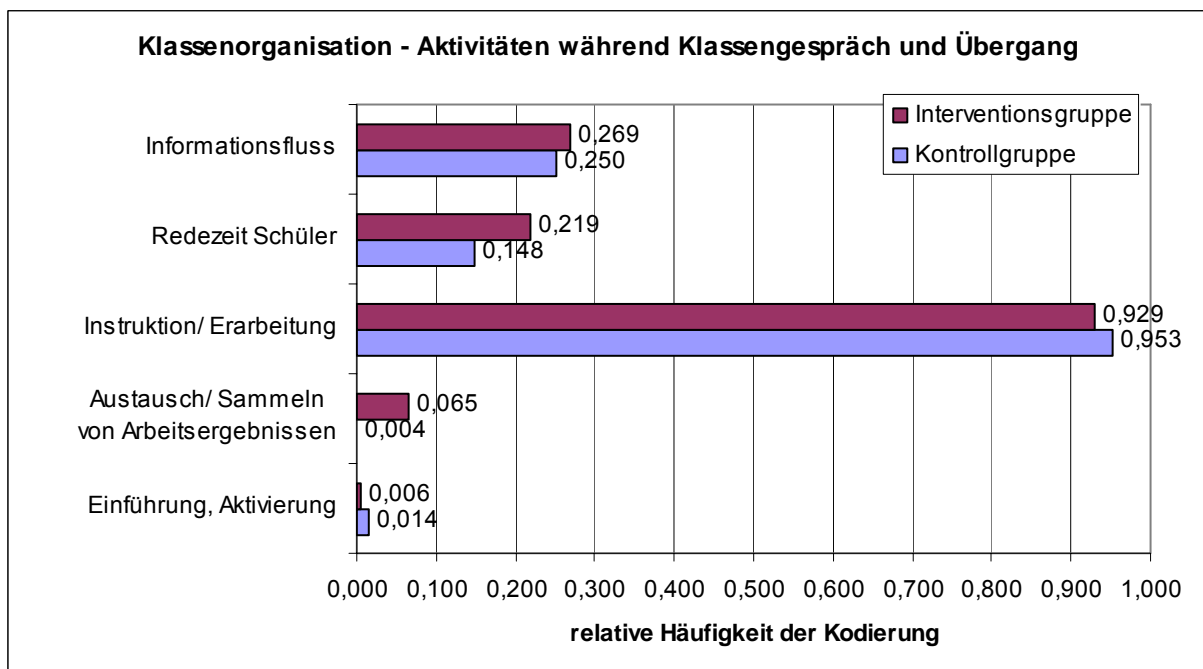
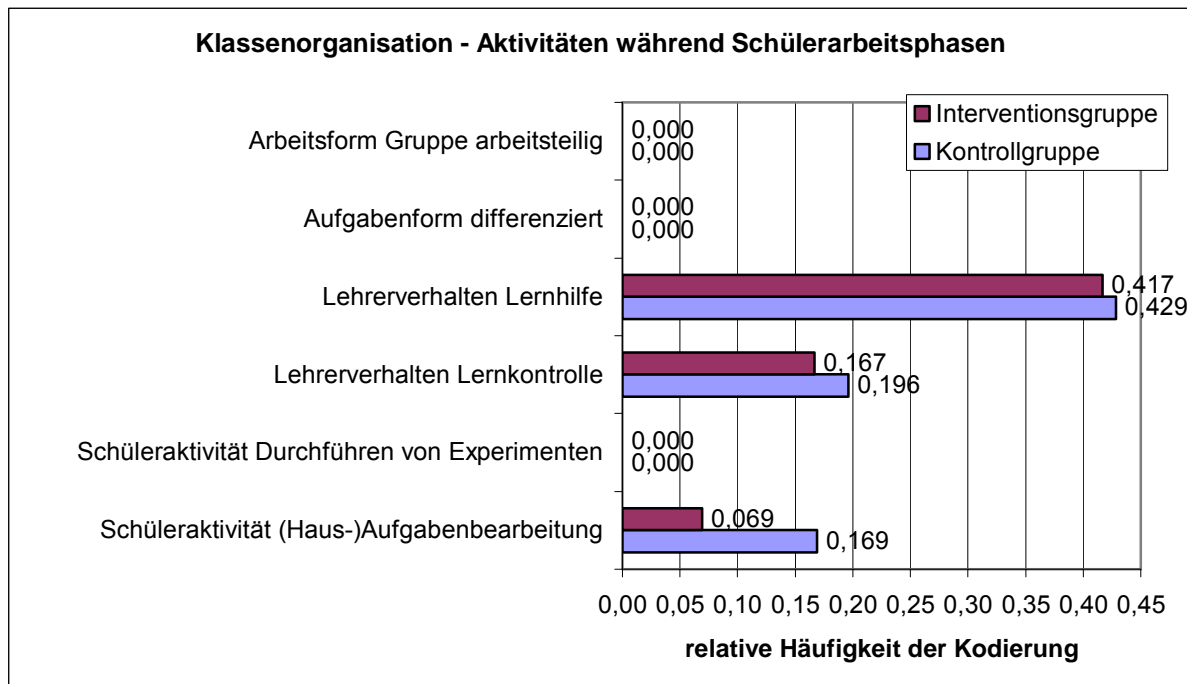




Abbildung 7: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in den Stunden "Elektrisches Feld"



Es treten also einige, teilweise miteinander korrespondierende Unterschiede in den Stunden auf. Insbesondere werden in der Kontrollgruppe mehr Schüleraktionen kodiert, was auf eine höhere Schüleraktivität hindeutet. Insgesamt haben die Stunden „Elektrisches Feld“ aber in beiden Gruppen eine ähnliche Sichtstruktur.

#### *Ergebnisse zu den Stunden „Kreisbewegung“*

In den verbalen Lehreraktionen ähneln sich beide Gruppen sehr (Abbildung 8). Im Bereich manipulativer Lehreraktionen sind Schreiben/Rechnen und Orientieren in der Interventionsgruppe deutlich stärker ausgeprägt (Abbildung 9).

Abbildung 8: Verbale Lehreraktionen in den Stunden "Kreisbewegung"

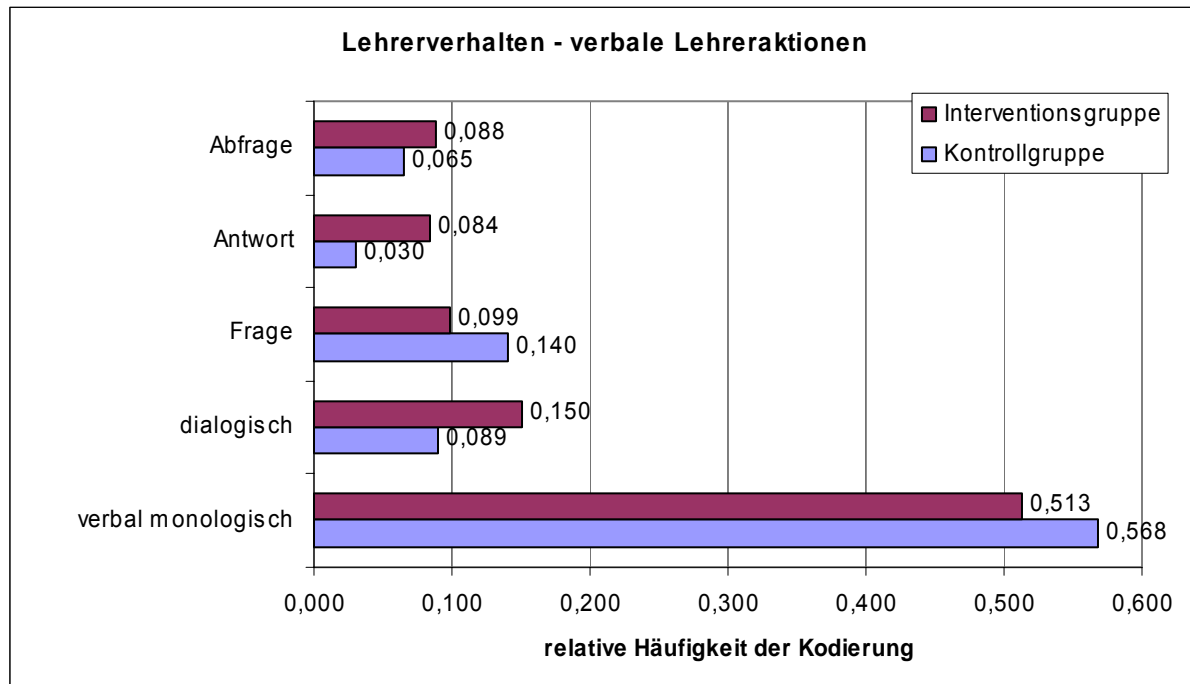
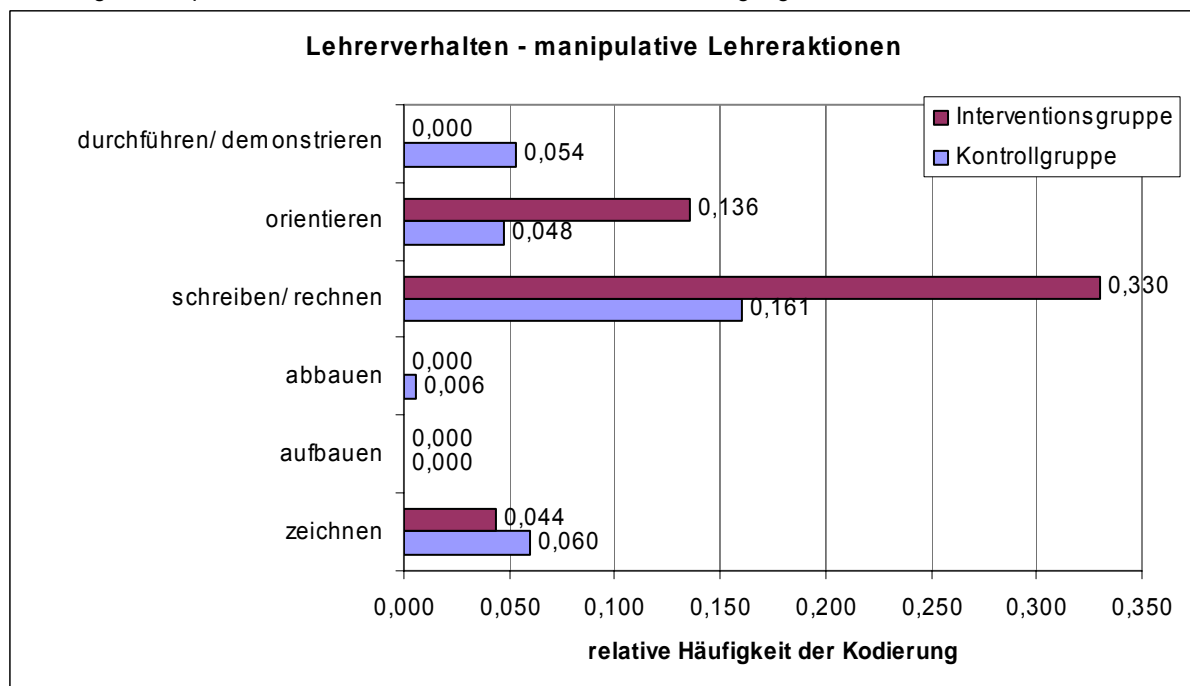


Abbildung 9: Manipulative Lehreraktionen in den Stunden "Kreisbewegung"



Die Verteilung der verbalen Schüleraktionen ist in beiden Gruppen ähnlich, wobei in der Interventionsgruppe insgesamt mehr verbale Schüleraktionen kodiert werden, insbesondere zugunsten der Kategorien „monologisch“ und „Frage“ (Abbildung 10). Als manipulative Schüleraktionen dominieren in beiden Gruppen Schreiben/Rechnen/Lesen, daneben ist nur noch Zeichnen relevant. Auch hier

werden in der Interventionsgruppe mehr Aktionen der Schülerinnen und Schüler kodiert (Abbildung 11). Die Unterrichtsbeteiligung ist in beiden Gruppen wiederum durchgehend anforderungsgemäß (99,3% in der Interventions- und 100% in der Kontrollgruppe).

Abbildung 10: Verbale Schüleraktionen in den Stunden "Kreisbewegung"

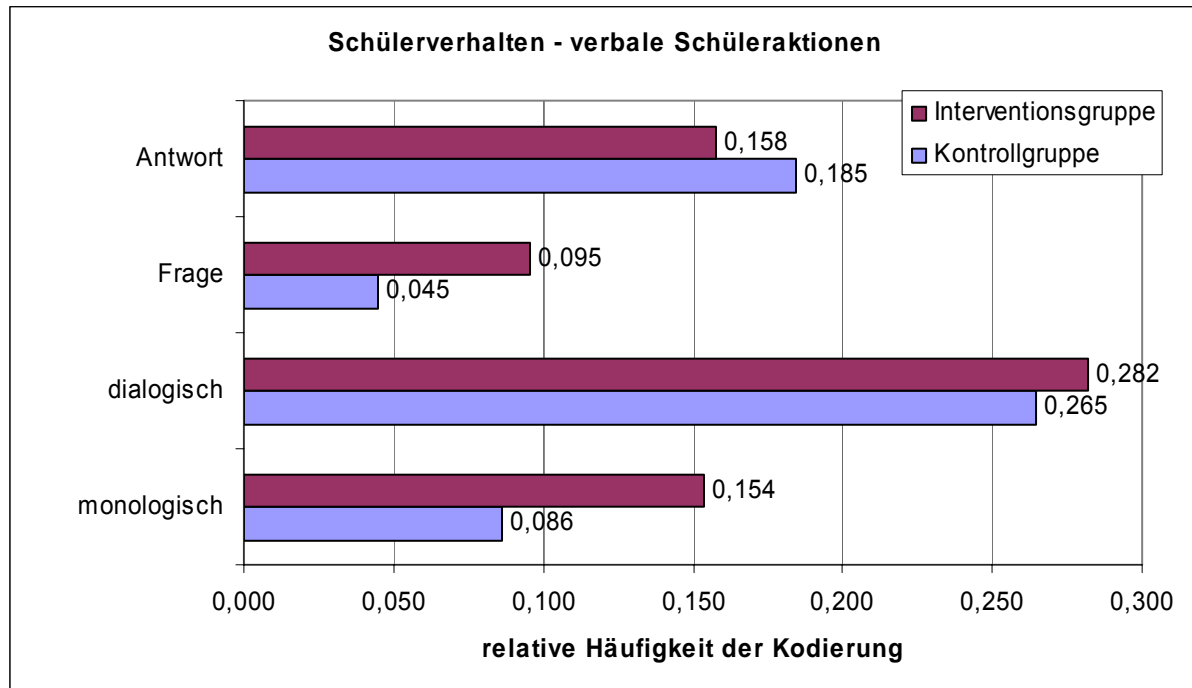
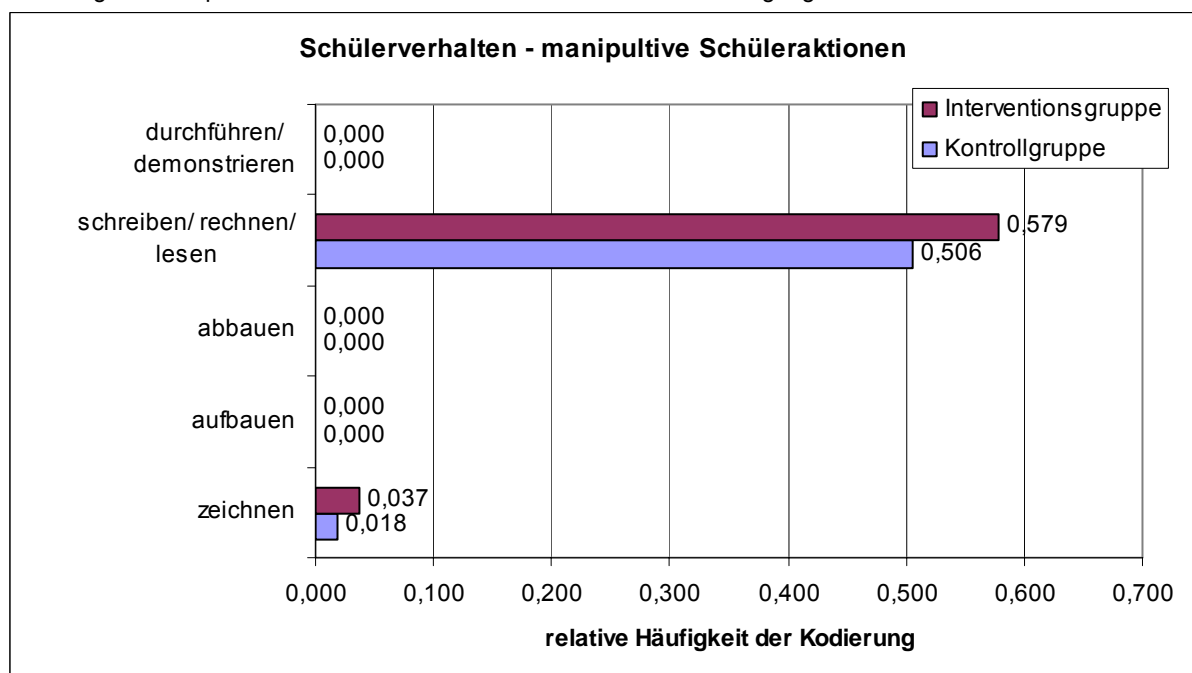


Abbildung 11: Manipulative Schüleraktionen in den Stunden "Kreisbewegung"



In dieser Stunde sind das Klassengespräch und die Gruppenarbeit in beiden Kursen die entscheidenden Interaktionsformen. Der Anteil der Gruppenarbeit ist in der Kontrollgruppe jedoch deutlich höher (Abbildung 12). In den Aktivitäten während des Klassengesprächs sind sich beide Gruppen erneut sehr ähnlich (Abbildung 13). Die Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen zeigen, dass in der Kontrollgruppe arbeitsteilige Gruppenarbeit stattfindet (Abbildung 14).

Abbildung 12: Organisationsformen in den Stunden "Kreisbewegung"

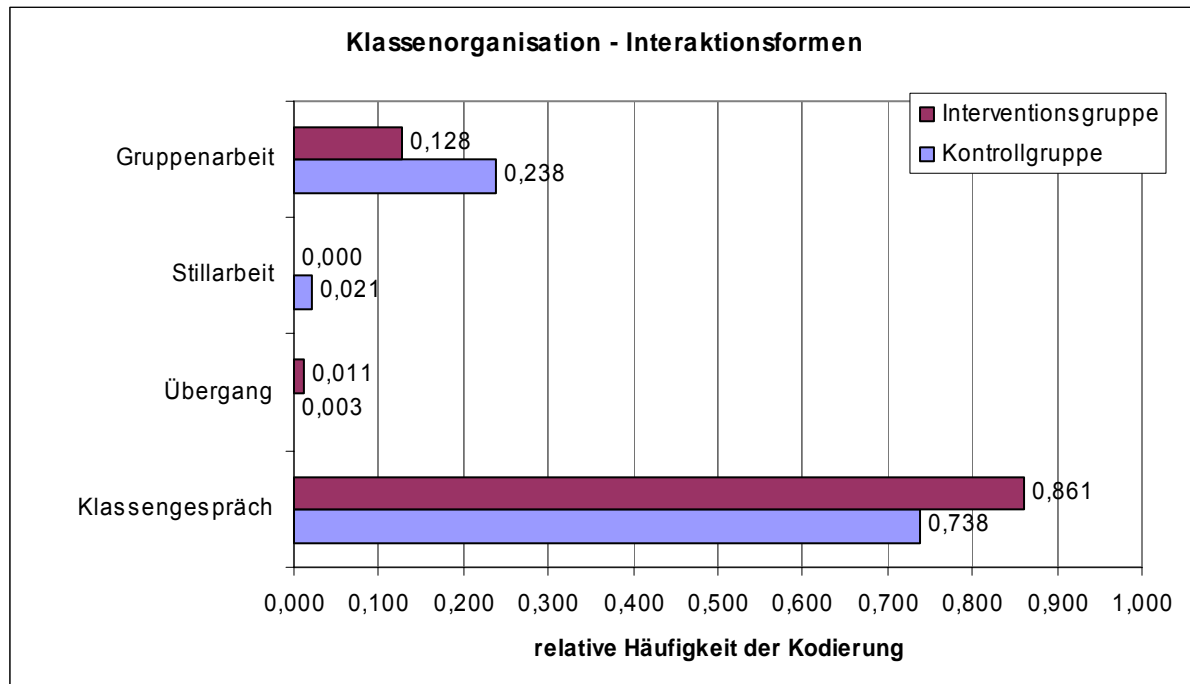


Abbildung 13: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in den Stunden "Kreisbewegung"

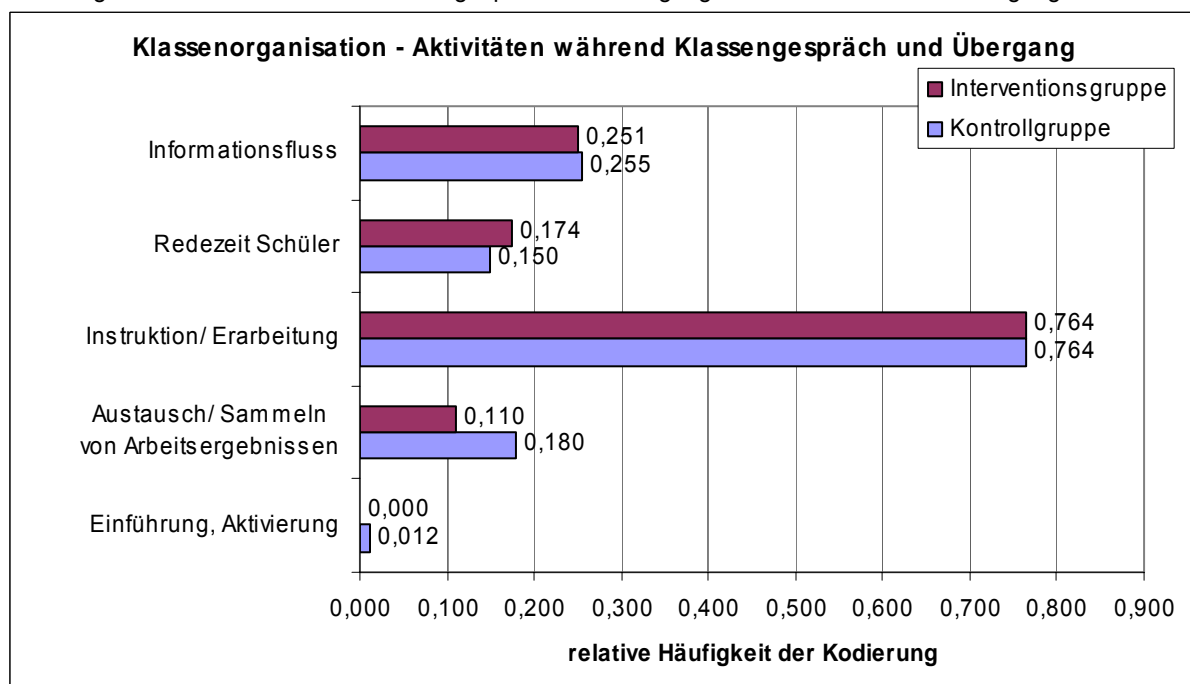
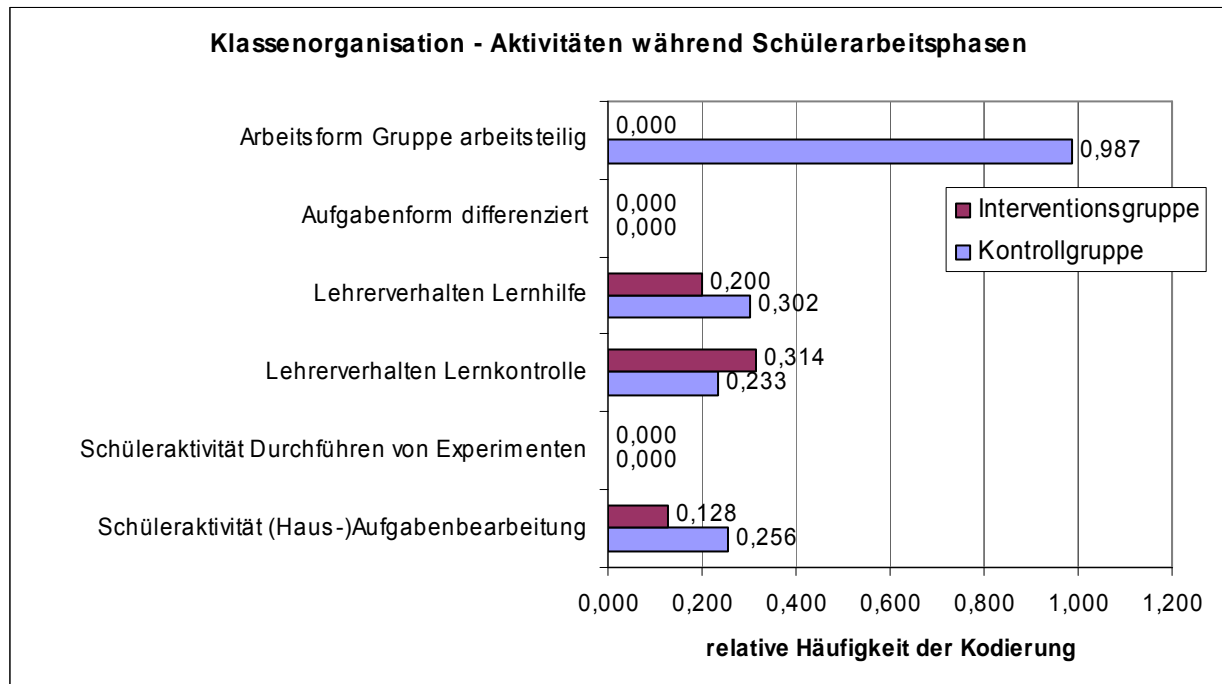


Abbildung 14: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in den Stunden "Kreisbewegung"



Es fallen zwei wesentliche Unterschiede auf: In der Interventionsgruppe werden mehr Schüleraktionen kodiert und die Gruppenarbeit findet in der Kontrollgruppe arbeitsteilig statt. Darüber hinaus weisen die Stunden „Kreisbewegung“ in beiden Gruppen eine ähnliche Sichtstruktur auf.

### *Ergebnisse zu den Stunden „Newtonsche Axiome“*

Beim Einsatz des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ war darauf zu achten, die Schülerinnen und Schüler möglichst selbstständig und ohne Eingreifen des Lehrers arbeiten zu lassen. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass Lernfortschritte im Wesentlichen auf die Interaktionen mit der Aufgabe und nicht mit dem Lehrer zurückgeführt werden können (siehe Kapitel 5-2, Seite 111).

Aus dieser besonderen Vorgabe heraus ist für die entsprechenden Stunden der Interventionsgruppe eine deutlich von allen anderen Stunden abweichende Sichtstruktur zu erwarten. Ein Vergleich zur Sichtstruktur der Kontrollgruppe macht deshalb kaum Sinn.

Daher wurde darauf verzichtet, die Sichtstruktur aller insgesamt acht Stunden zu kodieren. Um die zuvor gemachten Annahmen jedoch zu bestätigen, wurde exemplarisch jeweils die zweite Stunde beider Gruppen analysiert. Damit kann auch

eingeschätzt werden, ob es dem Lehrer der Interventionsgruppe gelungen ist, die Interaktion mit den Schülerinnen und Schülern weitgehend zu reduzieren.

Die stark reduzierte Interaktion zeigt sich bereits in den Ergebnissen zum Lehrerverhalten: In der Interventionsgruppe sind nur wenig verbale Lehreraktionen zu verzeichnen (Abbildung 15) und keinerlei manipulative Lehreraktionen (Abbildung 16). Die Unterrichtsbeteiligung wird in beiden Gruppen während aller Kodierintervalle als anforderungsgemäß kodiert.

Abbildung 15: Verbale Lehreraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"

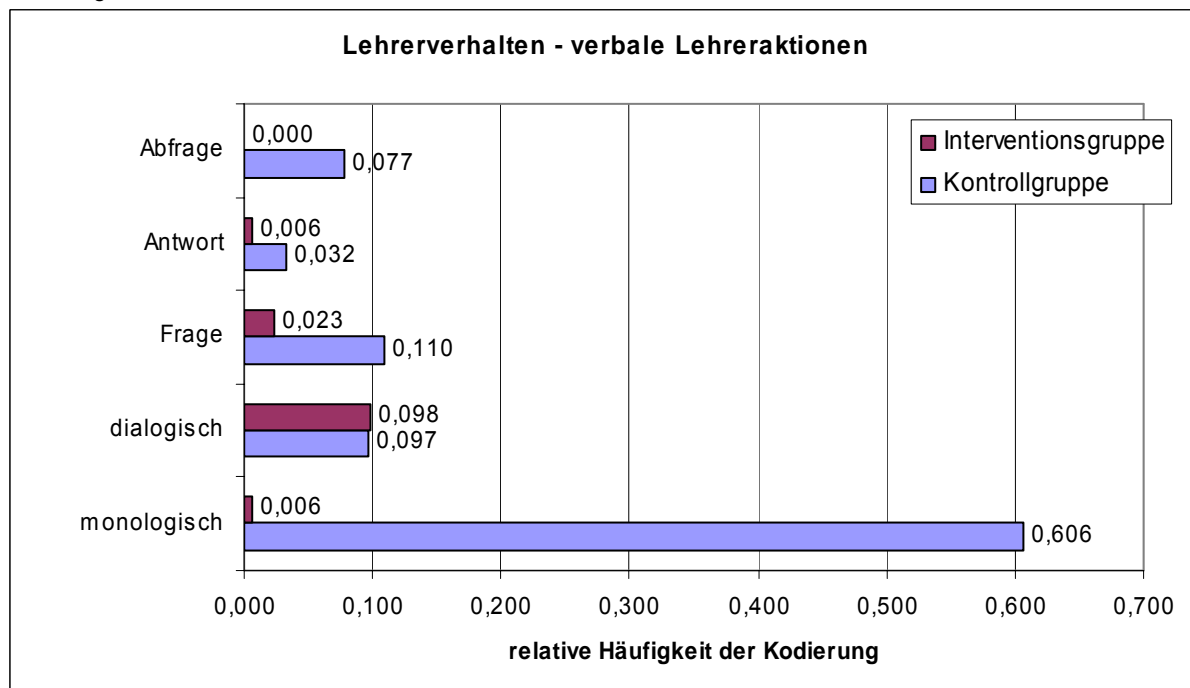
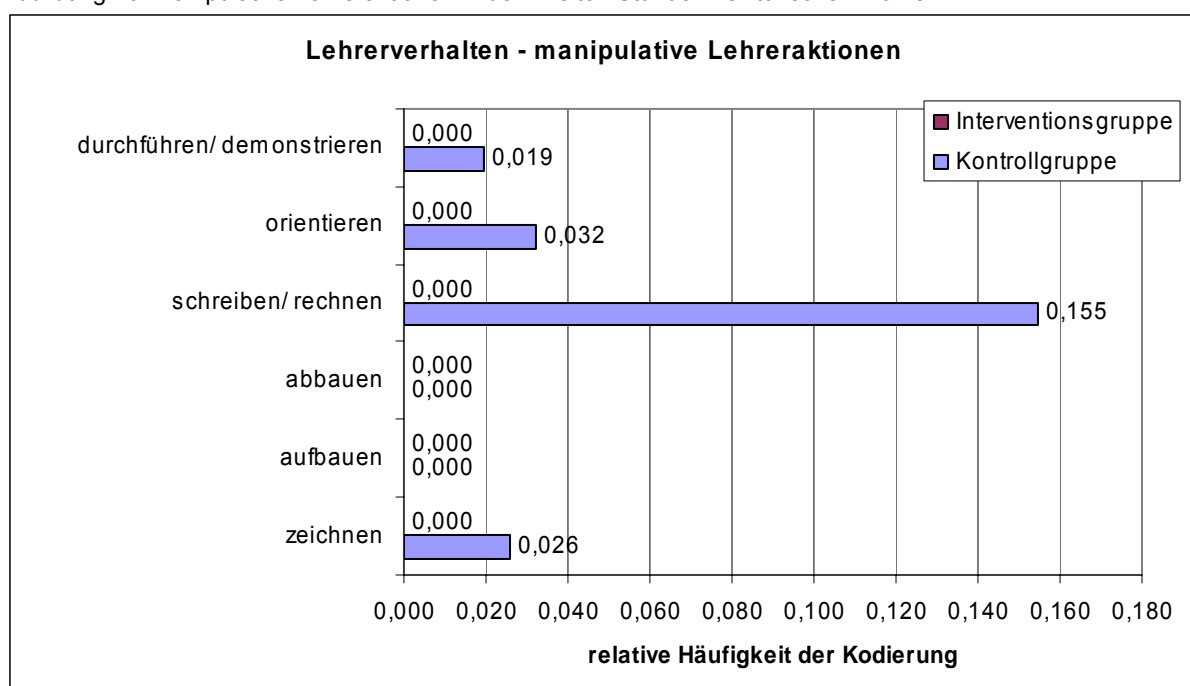


Abbildung 16: Manipulative Lehreraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"



Das Schülerverhalten in der Interventionsgruppe entspricht ebenfalls der besonderen Unterrichtssituation: Es ist durch die Gruppenarbeit durchgehend dialogisch (Abbildung 17), die manipulativen Aktionen werden dem Aufgabenmaterial entsprechend durch Schreiben/Rechnen/Lesen geprägt (Abbildung 18).

Abbildung 17: Verbale Schüleraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"

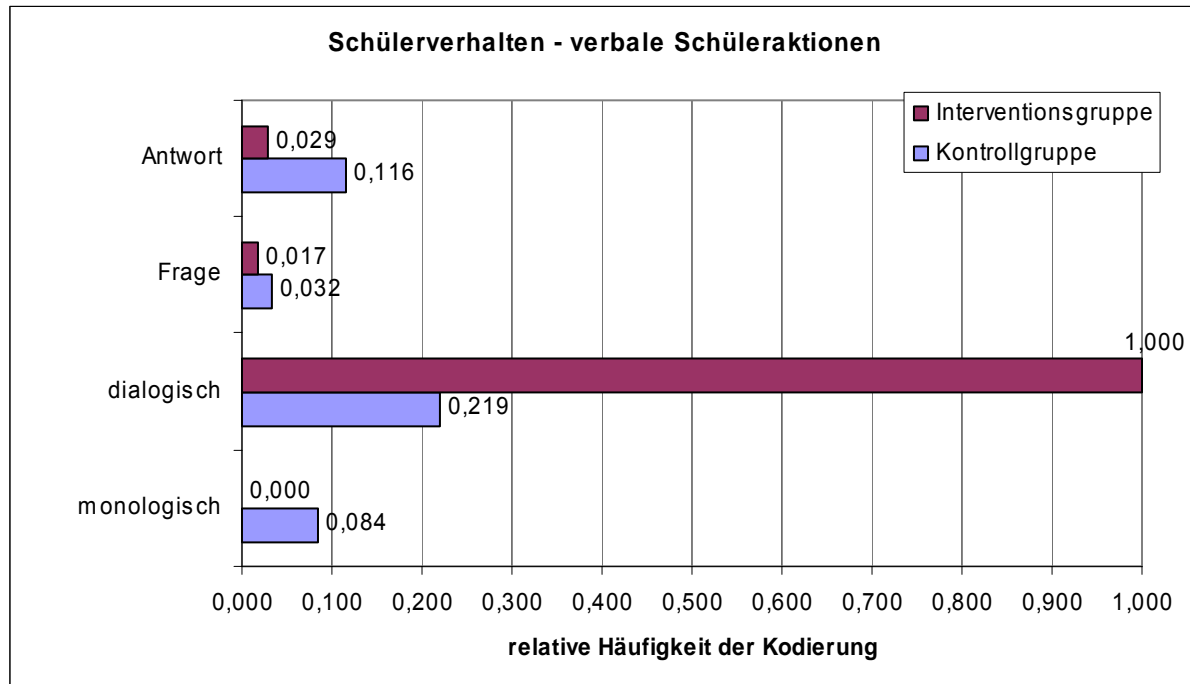
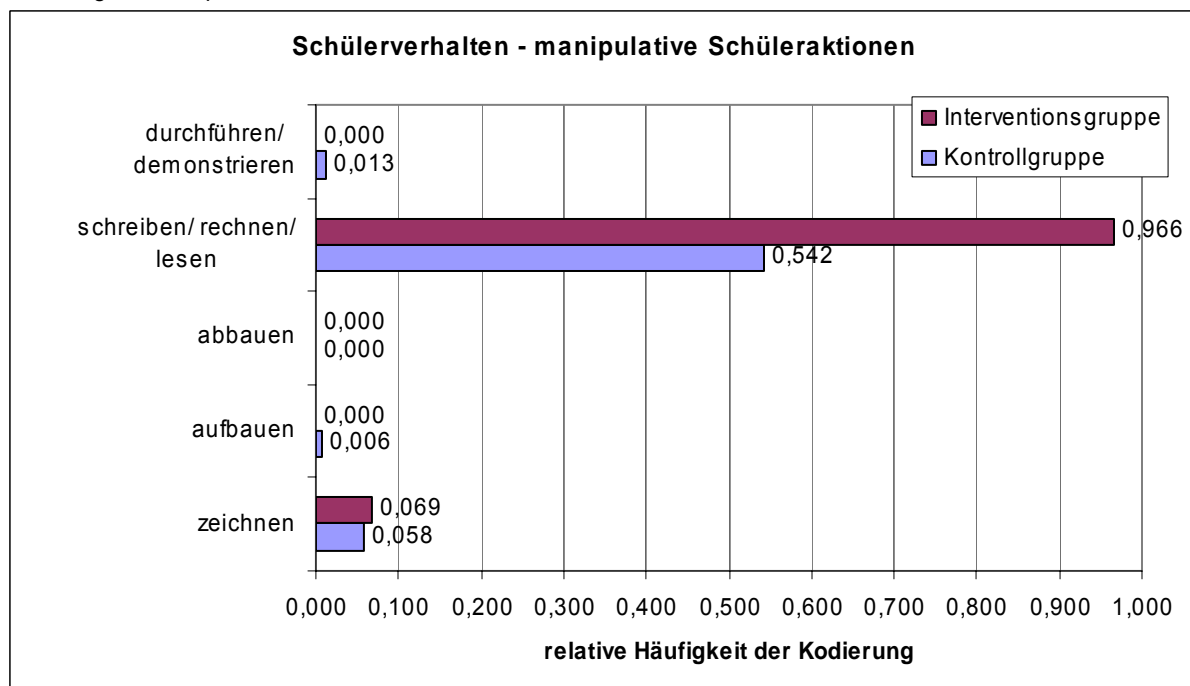


Abbildung 18: Manipulative Schüleraktionen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"



Die Ergebnisse zur Klassenorganisation geben ebenfalls die Unterrichtssituation in der Interventionsgruppe wieder: Es findet ausschließlich Gruppenarbeit statt (Abbildung 19), daher können auch keine Aktivitäten während des Klassengesprächs und dem Übergang zwischen zwei Interaktionsformen kodiert werden (keine Kodierungen für die Interventionsgruppe in Abbildung 20). Die Gruppe bearbeitet durchweg Aufgaben, der Lehrer tritt wenig in Erscheinung, zumeist mit Lernkontrollen oder Lernhilfen (Abbildung 21). Dies entspricht den geplanten Haupttätigkeiten des Lehrers während des Einsatzes des Aufgabenmoduls: bei Bedarf Hilfs- und Differenzierungsangebote bereitstellen und vor Aushändigung von Musterlösungen die tatsächliche Bearbeitung der Aufgaben sicherstellen.

Abbildung 19: Interaktionsformen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"

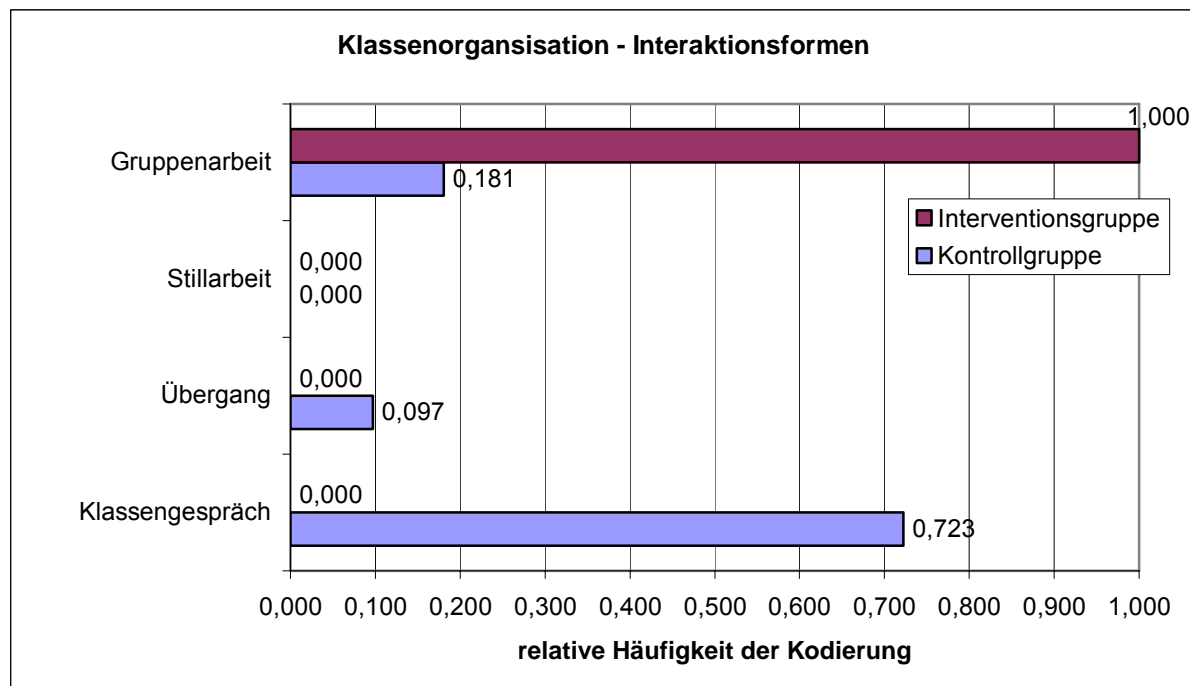




Abbildung 20: Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"

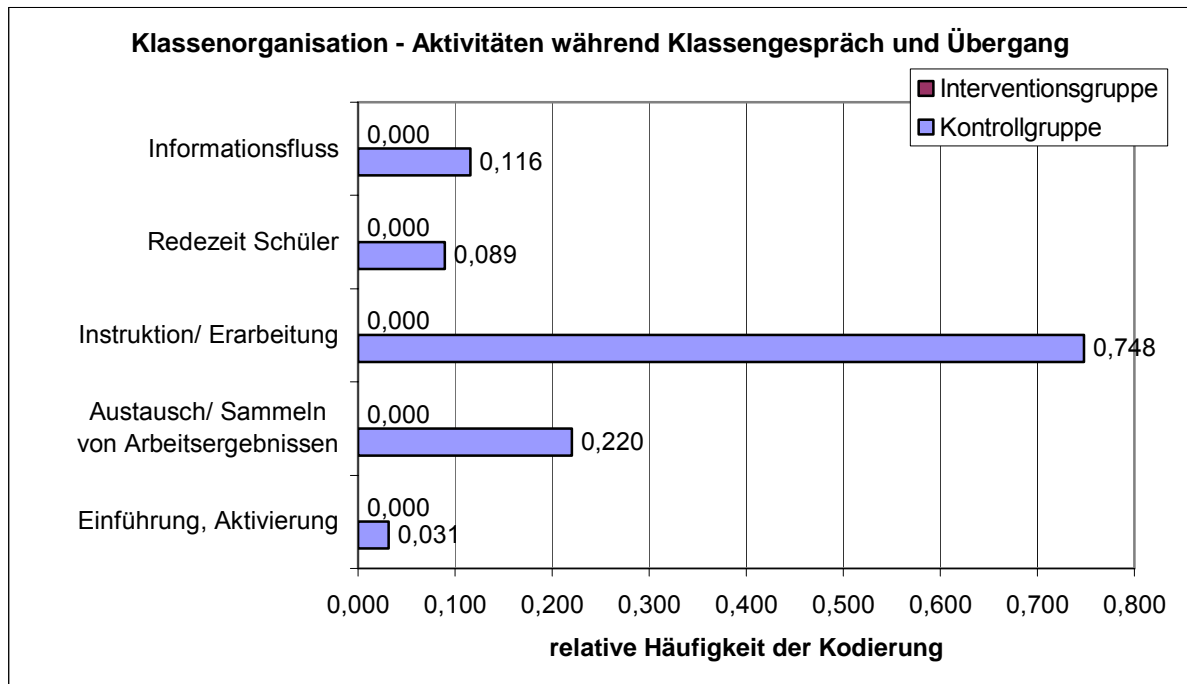
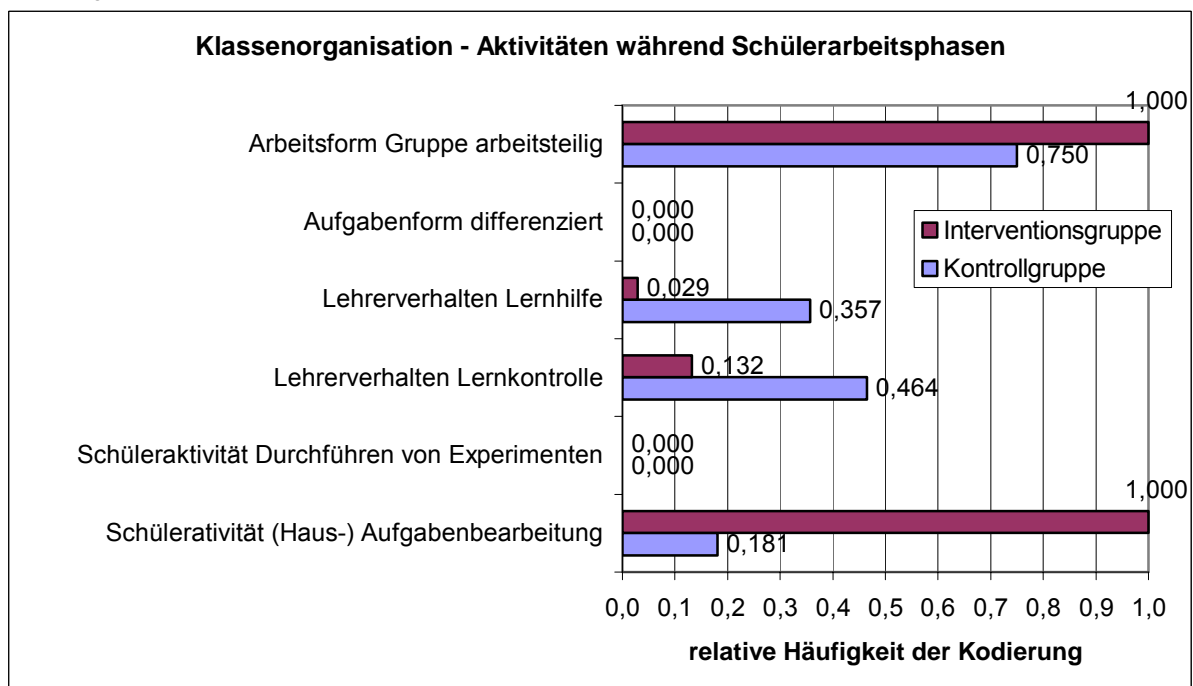


Abbildung 21: Aktivitäten während Schülerarbeitsphasen in der zweiten Stunde "Newtonsche Axiome"



Die Analyse der ausgewählten zweiten Stunden „Newtonsche Axiome“ hat bestätigt, dass ein Sichtstrukturvergleich während dieser Phase des Unterrichts in beiden Gruppen wenig Sinn macht. Zwar zeigen sich sehr klare Unterschiede, diese sind jedoch auf die besondere Unterrichtssituation in der Interventionsgruppe zurückzuführen. Es konnte zudem bestätigt werden, dass die Interaktion zwischen

Lernenden und Lehrer wie geplant stark reduziert werden konnte: Der Lehrer tritt nur selten in Erscheinung, dann zumeist zur Lernkontrolle.

### *Zusammenfassung der Sichtstrukturanalysen*

Lässt man die Unterrichtsstunde „Newtonsche Axiome“ aus den zuvor beschriebenen Gründen außen vor, so zeigt der Unterricht in beiden Gruppen ähnliche Sichtstrukturen. Zwar gibt es sowohl in den Stunden „Elektrisches Feld“ als auch in den Stunden „Kreisbewegung“ Unterschiede zwischen beiden Gruppen, diese scheinen jedoch nicht typisch für eine Gruppe zu sein. So sind in den Stunden „Elektrisches Feld“ Schüleraktionen häufiger in der Kontrollgruppe als in der Interventionsgruppe zu beobachten, in den Stunden „Kreisbewegung“ verhält es sich genau umgekehrt. Insgesamt lassen sich auf Ebene der Sichtstruktur also keine systematischen Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppenunterricht feststellen.

## **9-3 ANALYSE DER LEHRZIELTYPEN**

### *Grundlagen der Analyse*

Die Analyse der Lehrzieltypen soll einen Zugang zur lehrerseitigen Basisstruktur ermöglichen. Dazu werden die jeweils aktuellen Unterrichtsziele der Lehrerin oder des Lehrers interpretiert. In Übereinstimmung mit der theoretischen Grundlage werden dazu zunächst die Lehrzieltypen der Basismodelltheorie (siehe Kapitel 3-6, Seite 47) herangezogen, unter Berücksichtigung physikunterrichtsspezifischer Schwerpunkte allerdings nur in reduzierter Zahl (vgl. REYER 2003a, S. 134):

1. Lernen durch Eigenerfahrung (Basismodell 1)
2. Konzeptwechsel (Basismodell 2)
3. Problemlösen (Basismodell 3)
4. Theoriebildung (Basismodell 4)
5. Routinebildung (Basismodell 7)
6. Übersichtslernen (Basismodell 11)

Da das Analyseverfahren nicht nur basismodellorientierten Unterricht erfassen soll, wurden fünf weitere Lehrzieltypen ergänzt

7. Reproduktion (ohne Betonung von Verstehensprozessen)
8. Aktivierung/Kontrolle
9. Disziplin
10. Sonstiges (organisatorische, technische oder soziale Ziele)
11. kein Lehrzieltyp interpretierbar

Da es sich bei den Lehrzieltypen um eine hoch inferente Kodierung handelt, wurden zur Analyse Kodieritems entwickelt, validiert und überarbeitet. Die Kodierung erfolgt sequentiell in Intervallen von 60 Sekunden (vgl. REYER 2003a, S. 133-138; REYER 2003b, S. 61ff.).

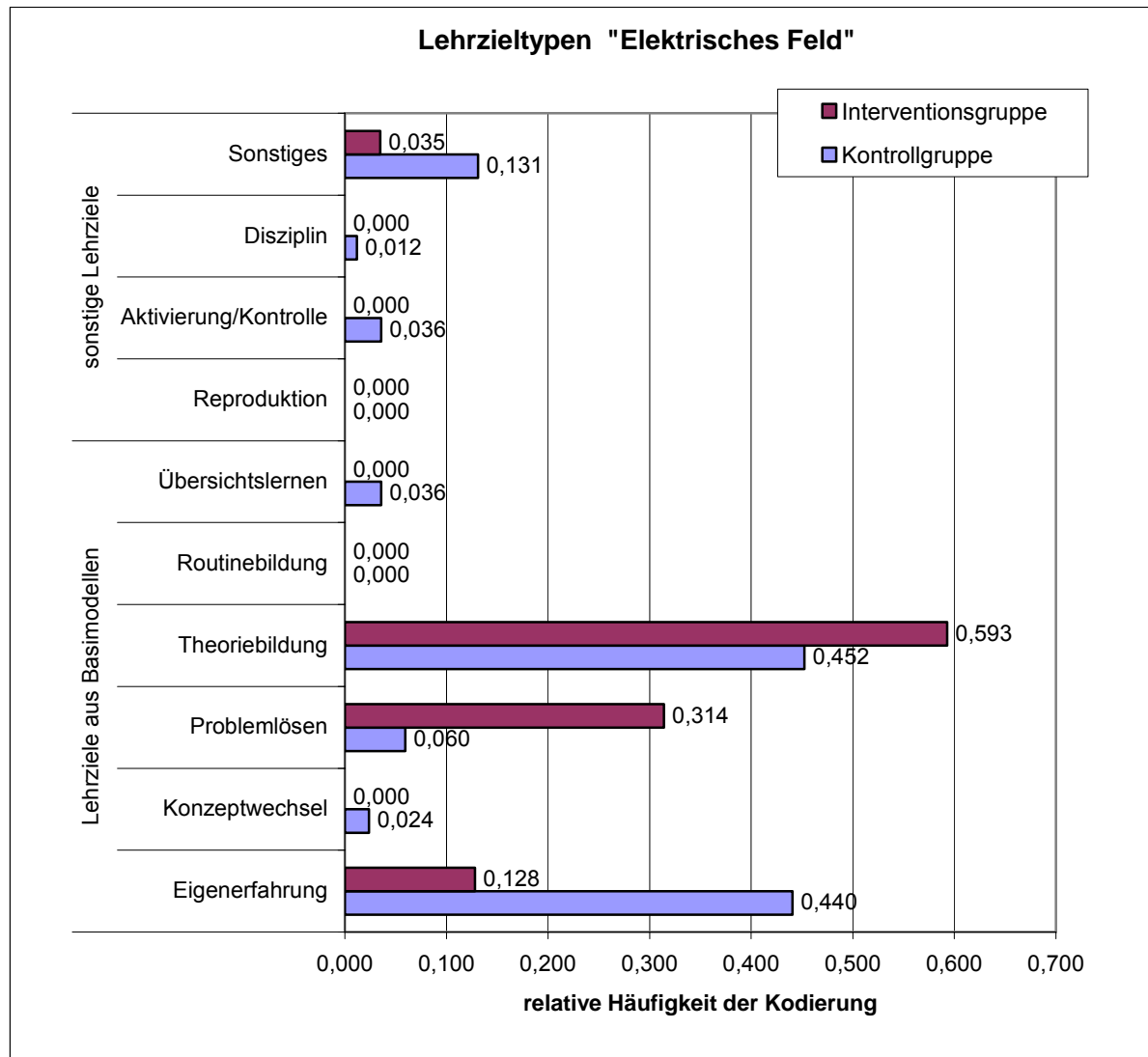
#### *Ergebnisse zu den Stunden „Elektrisches Feld“*

Abbildung 22 zeigt, dass in der Interventionsgruppe zwei Lehrzieltypen deutlich dominieren: ‚Problemlösen‘ und besonders ‚Theoriebildung‘. Darüber hinaus werden nur noch die Kategorien ‚Eigenerfahrung‘ und – in geringem Umfang – ‚Sonstiges‘ kodiert.

In der Kontrollgruppe dominieren fasst gleichwertig ‚Theoriebildung‘ und ‚Eigenerfahrung‘, hinzu kommen ‚Sonstiges‘ und ‚Problemlösen‘. Vier weitere Lehrzieltypen werden in geringen Umfängen kodiert.

Die im Interventionsgruppenunterricht dominierenden Zieltypen ‚Theoriebildung‘ und ‚Problemlösen‘ entsprechen der Unterrichtsplanung (siehe Anhang 6, Seite 261). Davon abweichende Ziele werden im Vergleich selten oder gar nicht kodiert. Das gilt allerdings auch für den Lehrzieltyp ‚Übersichtslernen‘, der zumindest in einem Unterrichtsschritt der Planung berücksichtigt wurde.

Abbildung 22: Lehrzieltypen in den Stunden „Elektrisches Feld“



### *Ergebnisse zu den Stunden „Kreisbewegung“*

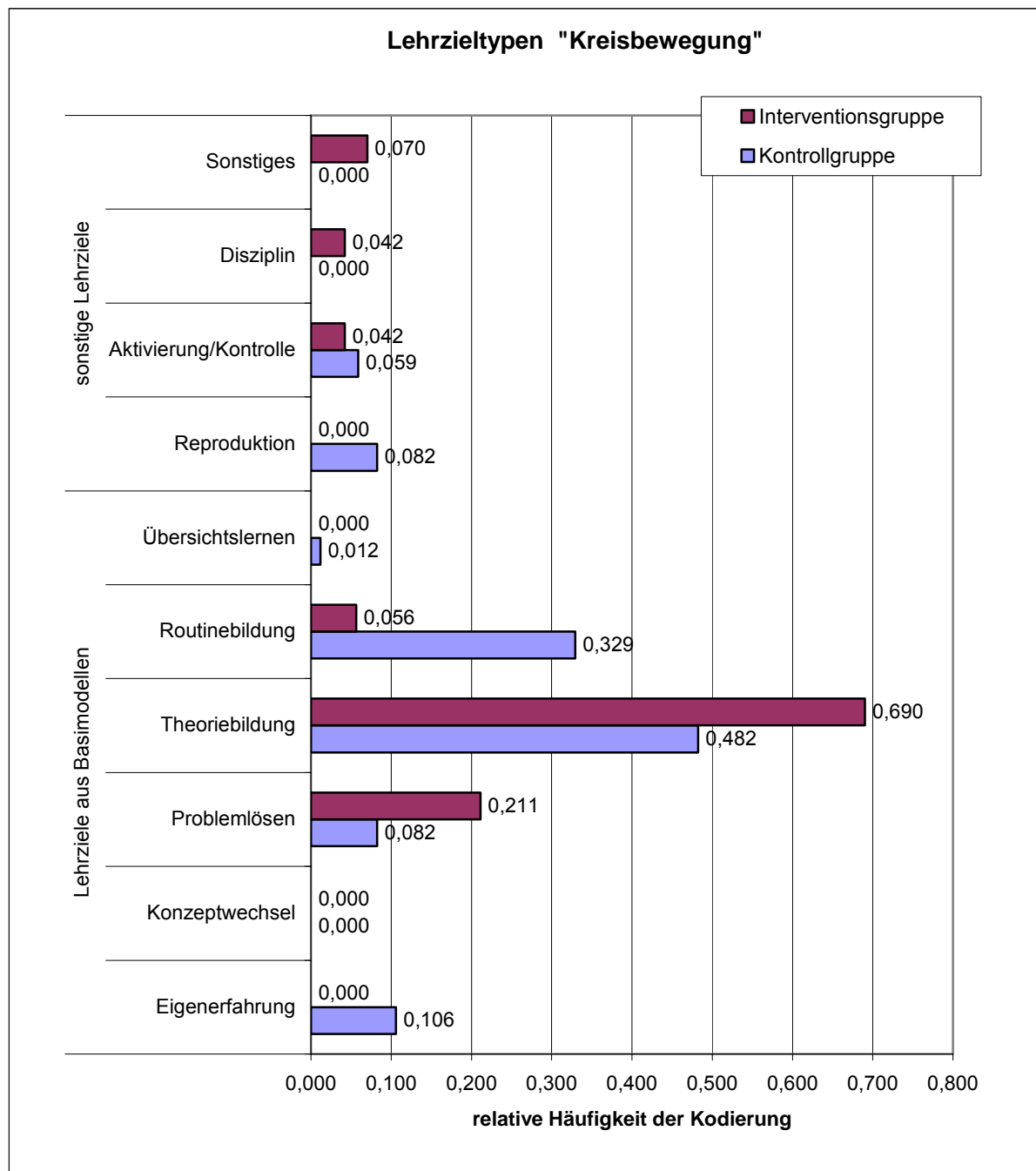
In diesen Stunden dominiert in der Interventionsgruppe eindeutig der Lehrzieltyp ‚Theoriebildung‘. Hinzu kommen ‚Problemlösen‘ und bereits mit deutlich geringeren Anteilen ‚Routinebildung‘ sowie die nicht den Basismodellen zuzuordnenden Kategorien ‚Sonstiges‘, ‚Disziplin‘ und ‚Aktivierung/Kontrolle‘.

Der Unterricht der Kontrollgruppe wird von den Zieltypen ‚Theoriebildung‘ und ‚Routinebildung‘ geprägt, dazu kommen ‚Eigenerfahrung‘, ‚Problemlösen‘ und ‚Reproduktion‘. In geringem Maße werden zwei weitere Zieltypen kodiert.

Ein Vergleich mit dem Planungsbogen der Kontrollgruppe (siehe Anhang 6, Seite 261) zeigt erneut, dass sich in diesen Ergebnissen die ursprüngliche Intention des Lehrers der Interventionsgruppe widerspiegelt: In der Planung liegt der Schwerpunkt

deutlich bei dem Basismodell Theoriebildung, ergänzt durch die Basismodelle Problemlösen und Routinebildung. An dieser Stelle sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die Unterrichtsanalysen vollständig unabhängig von den Unterrichtsplanungen und -durchführungen stattfanden (siehe Kapitel 9-1, Seite 168). Die Übereinstimmung zwischen den ursprünglichen Planungen und den Ergebnissen der Videoanalysen ist daher als ein wesentliches Kriterium für den Erfolg der Intervention auf der Ebene des Unterrichts anzusehen.

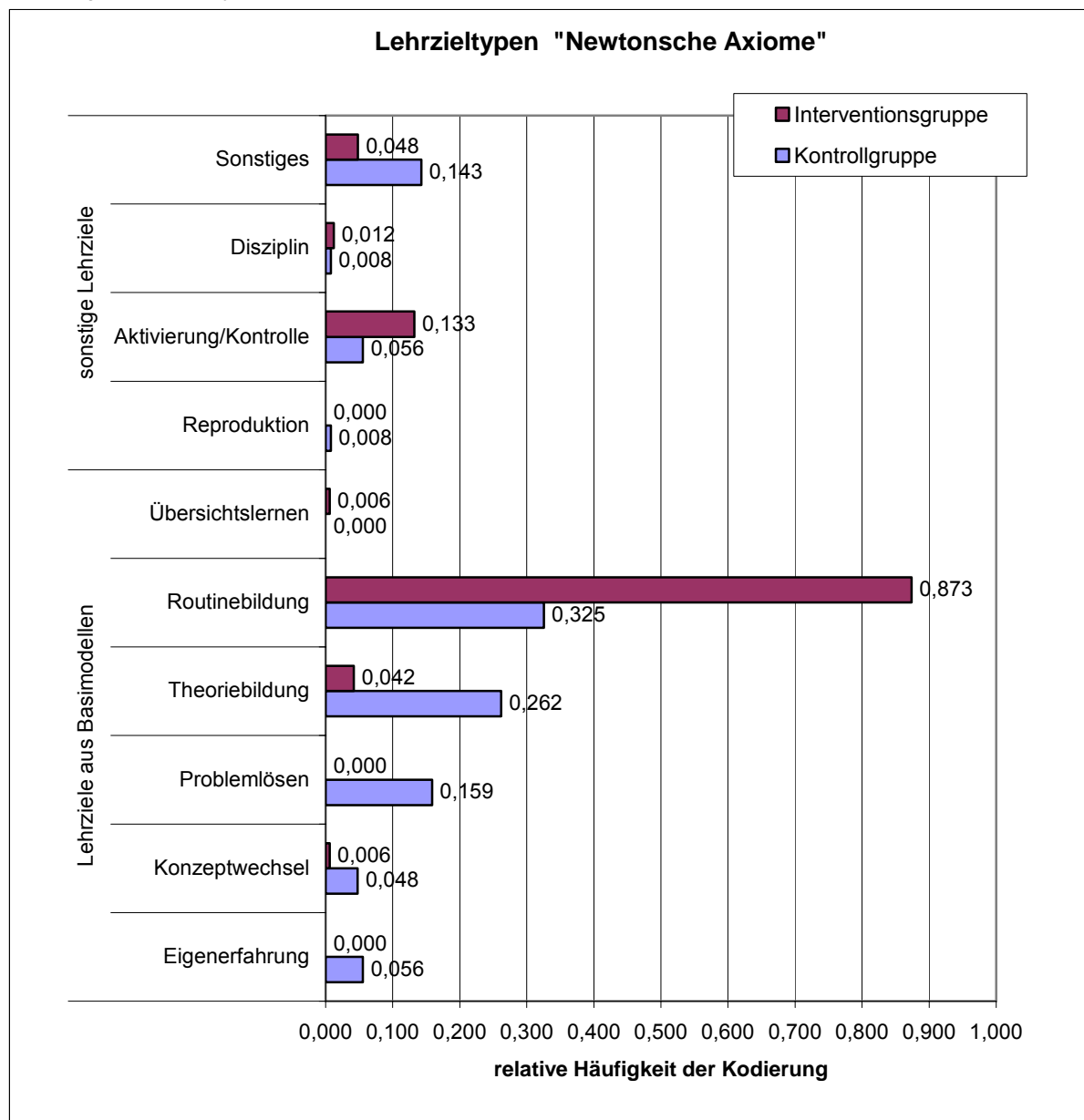
Abbildung 23: Lehrzieltypen in den Stunden „Kreisbewegung“



### Ergebnisse zu den Stunden „Newtonsche Axiome“

Die Dominanz des Lehrerzieltyps ‚Routinebildung‘ ist während dieser Stunden in der Interventionsgruppe überdeutlich: mehr als 87% der Intervalle werden so kodiert. Die zusätzlich kodierten Zieltypen spielen dagegen eine verschwindend geringe Rolle, nur ‚Aktivierung/Kontrolle‘ erreicht als einzige Kategorie noch einen Wert von über 5%.

Abbildung 24: Lehrzieltypen in den Stunden „Newtonsche Axiome“



Das Bild in der Kontrollgruppe ist weniger deutlich: hier sind ‚Routinebildung‘, ‚Theoriebildung‘, ‚Problemlösen‘ und ‚sonstige Ziele‘ relevant. Dazu kommen

‚Eigenerfahrung‘, ‚Aktivierung/Kontrolle‘, ‚Konzeptwechsel‘ sowie zwei weitere Lehrzieltypen.

Die Dominanz der ‚Routinebildung‘ in der Interventionsgruppe stimmt mit dem eingesetzten Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ überein. Dieses war auf Grundlage des Basismodells ‚Routinebildung‘ konstruiert worden (siehe Kapitel 5-2, Seite 111).

### *Zusammenfassung der Lehrzieltypenanalysen*

In allen analysierten Stunden zeigt sich ein deutlicher Unterschied zwischen dem Unterricht in der Interventions- und der Kontrollgruppe. Zwar dominieren in beiden Gruppen jeweils ein bis zwei Lehrzieltypen, diese Dominanz ist im Unterricht der Interventionsgruppe jedoch wesentlich stärker ausgeprägt. Auch werden über diese zentralen Zieltypen hinaus in den Stunden der Interventionsgruppe weniger zusätzliche Lehrziele kodiert als bei der Kontrollgruppe. Somit ergibt sich in der Interventionsgruppe ein schärferes Bild der vom Lehrer intendierten Unterrichtsziele. Außerdem stehen die im Interventionsgruppenunterricht dominierenden Ziele stets im Einklang mit der ursprünglichen Planung.

## **9-4 ANALYSE DER INHALTSHANDLUNGEN**

### *Grundlagen der Analyse*

Die Inhaltshandlungen sollen die schülerseitige Basisstruktur des Unterrichts erfassen. Dazu werden zu den Handlungskettenelementen der einzelnen Basismodelle erwartete Lernhandlungen der Schülerinnen und Schüler formuliert. Wie bereits bei der Entwicklung der Lehrzieltypenanalyse geschieht dies nur für eine besonders für den Physikunterricht relevante Auswahl der Basismodelle:

1. Lernen durch Eigenerfahrung (Basismodell 1)
2. Konzeptwechsel (Basismodell 2)
3. Problemlösen (Basismodell 3)
4. Theoriebildung (Basismodell 4)
5. Routinebildung (Basismodell 7)
6. Übersichtslernen (Basismodell 11)

Die Inhaltshandlungen beschreiben demnach die im Rahmen der Basismodelltheorie erwarteten Lernhandlungen der Schülerinnen und Schüler, sollen aber dennoch zur Erfassung nicht basismodellorientierten Unterrichts geeignet sein, da sie zentrale kognitive Aktivitäten der Schülerinnen und Schüler für Unterricht allgemein beschreiben:

1. Plan-/Zielfindung
2. Finden/Beschreiben des Neuen
3. Vermutung/Exploration
4. Entscheidung/Akzeptieren
5. Wiederholung/Reflexion
6. Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten
7. Vergleichen/Überprüfen
8. Abgrenzen/Unterscheiden
9. Anwendung/Transfer
10. Verallgemeinern/Abstrahieren

Den zehn eigentlichen Inhaltshandlungen wird im Hinblick auf alltäglichen Unterricht zusätzlich die Kategorie ‚Klassenorganisatorisches‘ hinzugefügt:

#### 11. Klassenorganisatorisches

Die Anzahl der Inhaltshandlungen ist kleiner als die der eingeflossenen Handlungskettenelemente, da verschiedenen Handlungskettenelementen aus möglicherweise verschiedenen Basismodellen gleiche Inhaltshandlungen zugeordnet werden konnten. Außerdem werden einigen Handlungskettenelementen mehrere Inhaltshandlungen zugeordnet. Daher ist umgekehrt einer Inhaltshandlung weder ein Handlungskettenelement noch ein Basismodell eindeutig zuzuordnen. Tabelle 34 (siehe Seite 191) zeigt die Mehrfachzuordnungen von Inhaltshandlungen zu Handlungskettenelementen verschiedener Basismodelle.

Das Instrument ist also nicht trennscharf genug, um Aussagen darüber treffen zu können, ob die Schülerinnen und Schüler die Handlungskettenelemente einzelner Basismodelle durchlaufen. Die Interpretation der Ergebnisse wird sich deshalb darauf beschränken zu überprüfen, ob die Inhaltshandlungen der Schülerinnen und Schüler im Einklang mit den zuvor festgestellten Lehrzieltypen stehen.



Tabelle 34: Zuordnung der Inhaltshandlungen zu den Basismodellen

	HKE 1	HKE 2	HKE 3	HKE 4	HKE 5	HKE 6
Lernen durch Eigenerfahrung (Basismodell 1)	1	9, 3	5	9	8, 6	–
Konzeptwechsel (Basismodell 2)	2	2, 6, 5, 7	4	9	–	–
Problemlösen (Basismodell 3)	2	6	3	3, 7, 4, 6	9, 8, 10	–
Theoriebildung (Basismodell 4)	5	2	10, 6	7, 8, 9	10	–
Routinebildung (Basismodell 7)	3, 1	6	9, 5, 7		8, 9	–
Übersichtslernen (Basismodell 11)	1	1	4	4	4	7

1	Plan-/Zielfindung	5	Wiederholung/Reflexion	8	Abgrenzen/Unterscheiden
2	Finden/Beschreiben des Neuen	6	Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten	9	Anwendung/Transfer
3	Vermutung/Exploration		Bekannten	10	Verallgemeinern/Abstrahieren
4	Entscheidung/Akzeptieren	7	Vergleichen/Überprüfen	11	Klassenorganisatorisches

Die hoch inferente Kodierung der Inhaltshandlungen wird in 30-Sekunden Intervallen vorgenommen. Im Gegensatz zu den anderen Kodierdurchgängen ist es dabei erlaubt, die Kodierung des jeweils vorangegangenen Intervalls zu korrigieren, weiter zurückliegende Intervalle dürfen nicht verändert werden. Weitere Analysen zu den Inhaltshandlungen betreffen den jeweiligen Kontext (Physik allgemein oder speziell, Alltag) und die Repräsentationsform (symbolisch, ikonisch, verbal, nonverbal) (vgl. REYER 2003a, S. 133ff.; REYER 2002b, S. 66ff.). Die Daten finden sich in Tabelle 35 (siehe Seite 195). Auf eine weitere Darstellung der diesbezüglichen Ergebnisse wird allerdings verzichtet, da sich daraus für diese Arbeit keine weiteren Aufschlüsse ergeben.

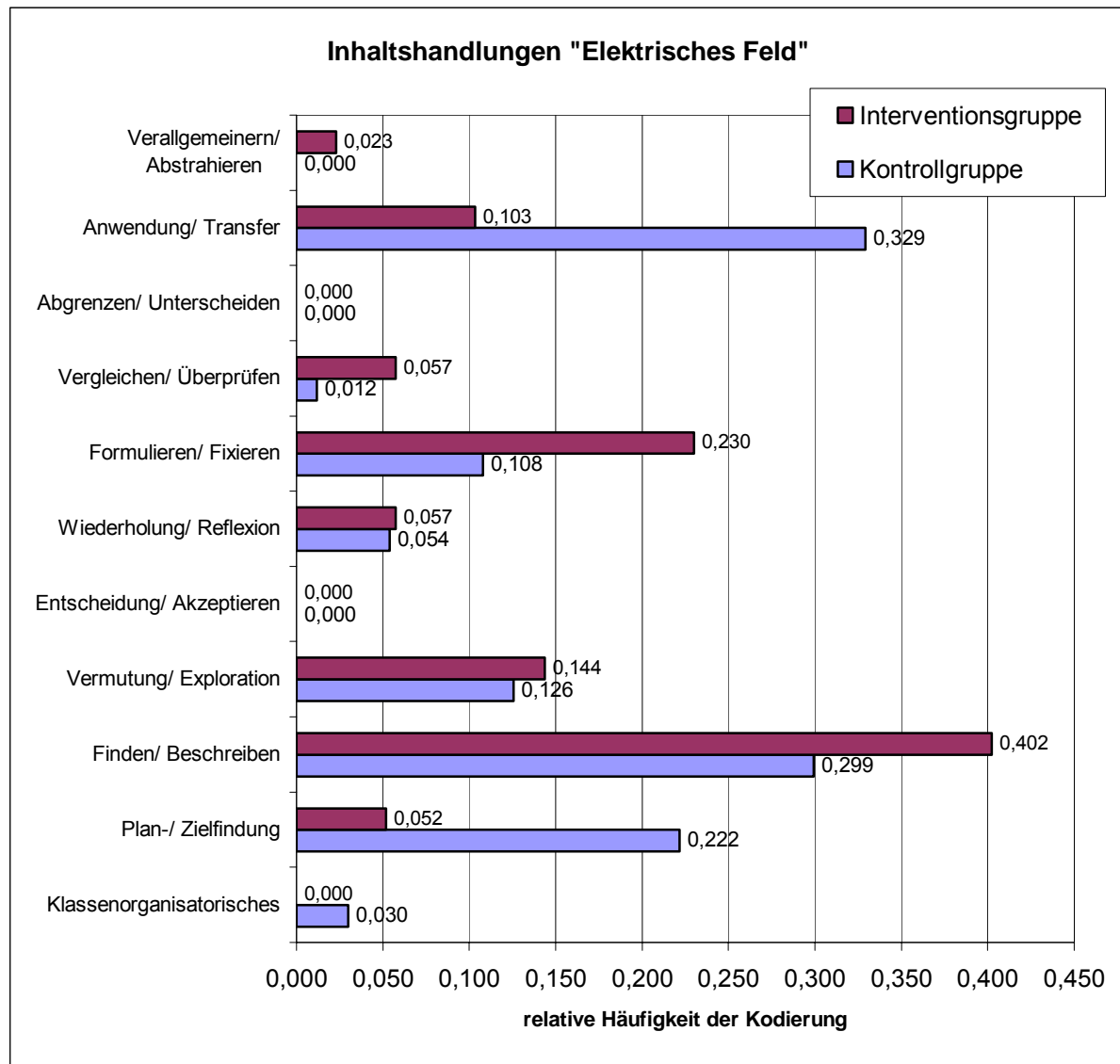
### *Ergebnisse zu den Stunden „Elektrisches Feld“*

Die zentralen Lehrzieltypen dieser Stunden waren in der Interventionsgruppe Theoriebildung und Problemlösen. Als zentrale Inhaltshandlungen erweisen sich ‚Finden/Beschreiben des Neuen‘, ‚Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten‘ und ‚Vermutung/Exploration‘ (Abbildung 25). Die ersten beiden dieser Inhaltshandlungen entsprechen unter anderem den Handlungskettenelementen 2 und 3 des Basismodells Theoriebildung. Alle drei Inhaltshandlungen entsprechen in dieser Reihenfolge den ersten drei Handlungskettenelementen des Basismodells Problemlösen.

In der Kontrollgruppe dominieren die Zieltypen Theoriebildung und Eigenerfahrung. Die wichtigsten Inhaltshandlungen sind ‚Anwendung/Transfer‘, ‚Finden/Beschreiben des Neuen‘ sowie ‚Plan-/Zielfindung‘. ‚Finden/Beschreiben des Neuen‘ und ‚Anwendung/Transfer‘ können als Handlungskettenelemente 2 und 4 des

Basismodells Theoriebildung interpretiert werden, ‚Plan-/Zielfindung‘ und ‚Anwendung/Transfer‘ als die ersten beiden Elemente der Handlungskette zum Basismodell Lernen durch Eigenerfahrung.

Abbildung 25: Inhaltshandlungen in den Stunden "Elektrisches Feld"



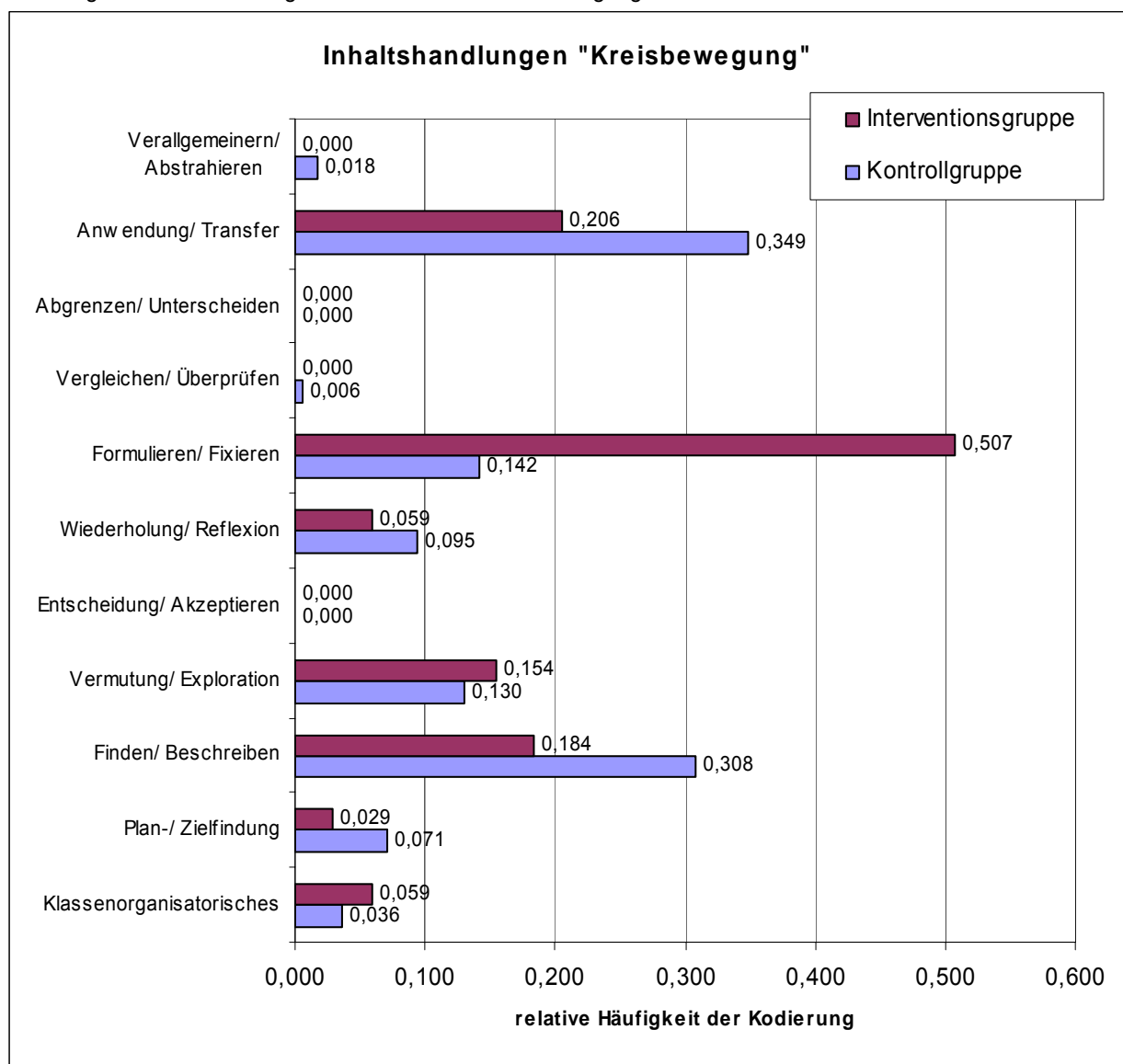
### *Ergebnisse zu den Stunden „Kreisbewegung“*

Die Stunden der Interventionsgruppe sind geprägt vom Lehrzieltyp Theoriebildung; hinzu kommt Problemlösen. Die am häufigsten kodierten Inhaltshandlungen sind ‚Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten‘, ‚Anwendung/Transfer‘, ‚Finden Beschreiben des Neuen‘ und ‚Vermutung/Exploration‘. Diese können sowohl als die drei ersten Handlungskettenelemente plus dem fünften Handlungskettenelement des

Basismodells Problemlösen interpretiert werden als auch als die Elemente 2 bis 4 der Handlungskette zur Theoriebildung.

Im Unterricht der Kontrollgruppe dominierten die Zieltypen Theoriebildung und Routinebildung. Die häufigsten Inhaltshandlungen sind ‚Anwendung/Transfer‘, ‚Finden Beschreiben des Neuen‘, ‚Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten‘ und ‚Vermutung/Exploration‘. Darin könnten sich die ersten vier Elemente der Handlungskette Routinebildung ebenso manifestiert haben wie die Handlungskettenelemente 2 bis 4 des Basismodells Theoriebildung.

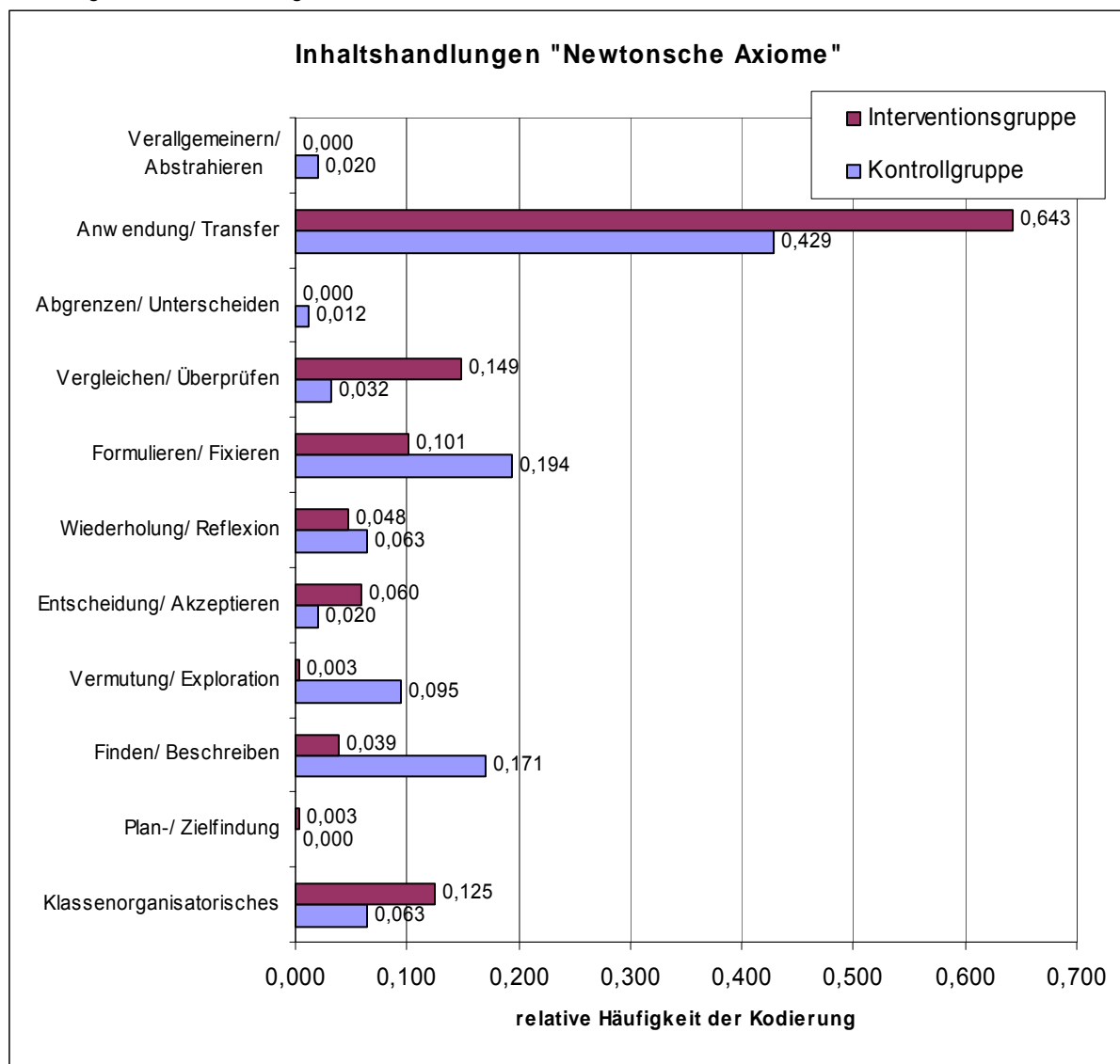
Abbildung 26: Inhaltshandlungen in den Stunden "Kreisbewegung"



### Ergebnisse zu den Stunden „Newtonsche Axiome“

Für den entsprechenden Unterricht der Interventionsgruppe ist praktisch nur der Lehrerzieltyp Routinebildung von Bedeutung (siehe Abbildung 24, Seite 188). Die hauptsächlich kodierten Inhaltshandlungen sind ‚Anwendung/Transfer‘ und ‚Vergleichen/Überprüfen‘. Dies kann als die wiederholte Ausführung und Evaluation einer Handlung im Basismodell Routinebildung interpretiert werden (Handlungskettenelemente 3 und 4).

Abbildung 27: Inhaltshandlungen in den Stunden "Newtonsche Axiome"



In der Kontrollgruppe sind vor allem die Zieltypen Routinebildung, Theoriebildung und Problemlösen ausgeprägt. Die häufigsten Inhaltshandlungen sind ‚Anwendung/Transfer‘, ‚Formulieren/Fixieren des (nun) Bekannten‘ und ‚Finden Beschreiben des Neuen‘. Die Inhaltshandlungen lassen sich interpretieren als drei

Handlungskettenelemente des Basismodells Theoriebildung (Elemente 2 bis 4), als drei Handlungskettenelemente des Basismodells Problemlösen (Elemente 1, 2 und 4) oder als zwei Handlungskettenelemente des Basismodells Routinebildung (Elemente 2 und 3).

Tabelle 35: Übersicht über Kontext und Repräsentationsform der Inhaltshandlungen

			Kontrollgruppe		Interventionsgruppe	
			relative Häufigkeit der Kodierung	Standard- abweichung	relative Häufigkeit der Kodierung	Standard- abweichung
Stunden „Elektrisches Feld“	Kontext	Physik speziell	0,946	0,226	0,954	0,210
		Physik allgemein	0,048	0,214	0,040	0,197
		Alltag	0,060	0,238	0,040	0,197
	Repräsentation	verbal-mündlich	0,988	0,109	0,920	0,273
		verbal-schriftlich	0,072	0,259	0,138	0,346
		symbolisch	0,006	0,077	0,000	0,000
		ikonisch	0,383	0,488	0,511	0,501
		nonverbal	0,018	0,133	0,000	0,000
		implizit	0,000	0,000	0,000	0,000
Stunden „Kreibewegung“	Kontext	Physik speziell	0,935	0,247	0,691	0,464
		Physik allgemein	0,000	0,000	0,015	0,121
		Alltag	0,089	0,285	0,265	0,443
	Repräsentation	verbal-mündlich	0,976	0,152	0,978	0,147
		verbal-schriftlich	0,195	0,398	0,154	0,363
		symbolisch	0,183	0,388	0,206	0,406
		ikonisch	0,284	0,452	0,287	0,454
		nonverbal	0,000	0,000	0,000	0,000
		implizit	0,000	0,000	0,000	0,000
Stunden „Newton'sche Axiome“	Kontext	Physik speziell	0,948	0,222	0,943	0,231
		Physik allgemein	0,000	0,000	0,000	0,000
		Alltag	0,004	0,063	0,000	0,000
	Repräsentation	verbal-mündlich	0,901	0,300	0,961	0,193
		verbal-schriftlich	0,373	0,485	0,408	0,492
		symbolisch	0,000	0,000	0,000	0,000
		ikonisch	0,016	0,125	0,226	0,419
		nonverbal	0,028	0,165	0,012	0,109
		implizit	0,063	0,244	0,018	0,133

### *Zusammenfassung der Inhaltshandlungenanalysen*

Die Analysen der Inhaltshandlungen sind nur wenig aufschlussreich. Zwar lassen sich die kodierten Inhaltshandlungen mit den zuvor kodierten Lehrzieltypen in Übereinstimmung bringen. Es drängt sich jedoch der Eindruck auf, dass durch die Mehrfachzuordnungen von Handlungskettenelementen zu Inhaltshandlungen fast beliebige Kombinationen von Lehrzieltypen und Inhaltshandlungen begründet

werden können. So stimmen in den Stunden „Kreisbewegung“ die vier am häufigsten kodierten Inhaltshandlungen in beiden Gruppen überein. Diese vier Inhaltshandlungen passen jedoch in der Interventionsgruppe ebenso gut zu den Lehrzieltypen Theoriebildung und Problemlösen wie in der Kontrollgruppe zu den Lehrzielen Theoriebildung und Routinebildung.

Nur im Fall der Stunden „Newtonsche Axiome“ in der Interventionsgruppe kann den Inhaltshandlungen eine gewisse Aussagekraft zugestanden werden, da diese sehr gut zu dem einen dominanten Lehrzieltyp passen (siehe Abbildung 27, Seite 194).

Darüber hinaus kann als Ergebnis nur noch festgehalten werden, dass in der Interventionsgruppe sehr viel deutlicher ein bis zwei zentrale Inhaltshandlungen ausgeprägt sind als in der Kontrollgruppe. Dies ähnelt dem Eindruck bei den Ergebnissen der Lehrzieltypen, bei denen sich bereits in der Interventionsgruppe ein schärferes Bild der vom Lehrer intendierten Unterrichtsziele ergab (siehe Kapitel 9-3, Seite 189).

## 9-5 BEURTEILERÜBEREINSTIMMUNG

Zur Beurteilung der Qualität des eingesetzten Kodiervorgangs wurden einige der analysierten Videos unabhängig voneinander durch zwei Kodierer bearbeitet. Als Maß für die Übereinstimmung zwischen beiden Kodierungen wird der Cohens Kappa-Koeffizient  $\kappa$  berechnet. In Übereinstimmung mit REYER (2003a, S. 187) werden dabei folgende Richtwerte für die Einschätzung des Koeffizienten angenommen:

„gute“ niedrig inferente Kodierung:	$0,750 \leq \kappa \leq 1,000$
„gute“ hoch inferente Kodierung:	$0,600 \leq \kappa < 0,750$
„schlechte“ hoch inferente Kodierung:	$0,400 \leq \kappa < 0,600$
inakzeptable Kodierung:	$0,000 \leq \kappa < 0,400$

Zusätzlich zu den eigenen Ergebnissen für die Beurteilerübereinstimmung werden auch die von REYER (2003a) mit demselben Kodiervorgang und den weitgehend selben Kodierern erzielten Ergebnisse aufgeführt. Die Daten von REYER beziehen sich auf 20 Prozent doppelt kodierte Stunden bei insgesamt 61 Unterrichtsaufnahmen (REYER 2003a, S. 109 & 192), also etwa zwölf Unterrichtsstunden.

*Beurteilerübereinstimmung in der Kodierung der Sichtstruktur*

Für die Sichtstrukturanalyse konnte in dieser Arbeit wegen fehlender Verfügbarkeit geeigneter Kodierer keine Doppelkodierung vorgenommen werden. Die folgenden drei Tabellen enthalten daher nur die Ergebnisse von REYER (2003a).

Tabelle 36: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Lehrerverhalten

Kategorie		Cohens Kappa	Cohens Kappa (REYER 2003, S. 188)
verbale Lehreraktionen	Abfrage	–	0,379
	Antwort	–	0,504
	Frage	–	0,385
	dialogisch	–	0,508
	monologisch	–	0,542
manipulative Lehreraktionen	durchführen/demonstrieren	–	0,576
	orientieren	–	0,209
	schreiben/rechnen	–	0,838
	abbauen	–	0,219
	aufbauen	–	0,435
	zeichnen	–	0,609

Tabelle 37: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Schülerverhalten

Kategorie		Cohens Kappa	Cohens Kappa (REYER 2003, S. 189)
verbale Schüleraktionen	Antwort	–	0,665
	Frage	–	0,456
	dialogisch	–	0,432
	monologisch	–	0,390
manipulative Schüleraktionen	durchführen/demonstrieren	–	0,719
	schreiben/rechnen/lesen	–	0,645
	abbauen	–	0,685
	aufbauen	–	0,413
	zeichnen	–	0,914

Tabelle 38: Beurteilerübereinstimmung Sichtstruktur – Klassenorganisation

Kategorie		Cohens Kappa	Cohens Kappa (REYER 2003, S. 189)
Interaktionsformen		–	0,991
Aktivitäten während Klassengespräch und Übergang	Informationsfluss	–	0,671
	Redezeit	–	0,545
	Klassenaktivitäten	–	0,489
	Arbeitsform	–	0,258
Aktivitäten während Schülerarbeits- phasen	Aufgabenform	–	n.b.
	Lehrerverhalten	–	0,496
	Schüleraktivitäten	–	n.b.

Für REYER (2003a) bleibt die „Beurteilerübereinstimmung in der Kodierung der Sichtstruktur [...] deutlich hinter den Erwartungen zurück“ (ebd., S. 197), insbesondere weil hohe Übereinstimmungen ( $\kappa > 0,800$ ) weitgehend ausblieben. Eine Ursache dafür sieht er in der mangelnden Zuverlässigkeit der Doppelkodierung. REYER schlägt aber auch Modifikationen des Instrumentes vor. Diese Modifikationen konnten allerdings in der vorliegenden Studie noch nicht berücksichtigt werden, da die Kodierung der Sichtstruktur bereits durchgeführt wurde, bevor die Ergebnisse von REYER vorlagen.

### *Beurteilerübereinstimmung in der Kodierung der Lehrzieltypen*

Bei der Kodierung der Lehrzieltypen wurden 12 der insgesamt 16 analysierten Videos doppelt kodiert (d.h. 75%).

Tabelle 39: Beurteilerübereinstimmung Lehrzieltypen

Kategorie		Cohens Kappa	Cohens Kappa (REYER 2003, S. 193)
sonstige Lehrziele	Sonstiges	0,630	0,693
	Disziplin	0,406	0,581
	Aktivierung/Kontrolle	0,748	0,597
	Reproduktion	0,102	0,155
Lehrziele aus Basismodellen	Übersichtslernen	0,008	0,507
	Routinebildung	0,705	0,686
	Theoriebildung	0,641	0,436
	Problemlösen	0,029	0,453
	Konzeptwechsel	– <sup>1</sup> (8)	0,268
	Eigenerfahrung	0,228	0,682

*1: Kappa konnte nicht berechnet werden, da diese Kategorie nur von einem Kodierer verwendet wurde. Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl der Verwendungen durch den Kodierer an (bei 663 Kodierintervallen insgesamt).*



Die Beurteilerübereinstimmung ist für eine hoch inferente Kodierung insgesamt zufrieden stellend. In vier der neun berechneten Kategorien erreicht Cohens Kappa gute Werte ( $\kappa > 0,600$ ). Dies gilt insbesondere für „Routinebildung“ und „Theoriebildung“, die zu den entscheidenden Basismodellen in den analysierten Stunden der Interventionsgruppe gehören. Negativ fallen dagegen die – gerade im Gegensatz zu REYER (2003a) – niedrigen Werte für „Übersichtslernen“ und „Problemlösen“ auf. Eine Erklärung hierfür konnte nicht gefunden werden. Für „Übersichtslernen“ ist zu bemerken, dass sich beide Kodierer schon in der Häufigkeit der Verwendung dieser Kategorie deutlich unterscheiden: der Hauptkodierer verwendet sie in 0,8%, der Doppelkodierer in 23,5% aller Kodierintervalle.

### *Beurteilerübereinstimmung in der Kodierung der Inhaltshandlungen*

Bei der Kodierung der Inhaltshandlungen wurden zwei der insgesamt 16 analysierten Videos doppelt kodiert (d.h. 12,5%)

Tabelle 40: Beurteilerübereinstimmung Inhaltshandlungen

Inhaltshandlung	Cohens Kappa	Cohens Kappa (REYER 2003, S. 193)
Verallgemeinern/Abstrahieren	– <sup>1</sup>	0,614
Anwendung/Transfer	0,465	0,658
Abgrenzen/Unterscheiden	– <sup>1</sup>	0,166
Vergleichen/Überprüfen	– <sup>2</sup> (2)	0,297
Formulieren/Fixieren	0,424	0,456
Wiederholung/Reflexion	0,671	0,435
Entscheidung/Akzeptieren	– <sup>2</sup> (2)	0,090
Vermutung/Exploration	0,249	0,401
Finden/Beschreiben	0,421	0,191
Plan-/Zielfindung	– <sup>2</sup> (19)	0,415
Klassenorganisatorisches	0,257	0,232

*1: Kappa konnte nicht berechnet werden, da diese Kategorie von keinem Kodierer verwendet wurde.*

*2: Kappa konnte nicht berechnet werden, da diese Kategorie nur von einem Kodierer verwendet wurde. Die Zahl in Klammern gibt die Anzahl der Verwendungen durch den Kodierer an (bei 202 Kodierintervallen insgesamt).*

Es fällt zunächst auf, dass für fünf Inhaltshandlungen kein Kappa berechnet werden konnte. Dies ist in zwei Fällen darauf zurückzuführen, dass die Inhaltshandlung von keinem der Kodierer verwendet wurde. Drei Inhaltshandlungen wurden jeweils nur von einem der Unterrichtsbeobachter kodiert, zwei dieser Inhaltshandlungen jedoch nur in äußerst geringem Maße, in weniger als 1% der Kodierintervalle. Die nicht

ermittelbaren Werte für Kappa sprechen also nicht gegen die Verwendbarkeit des Analyseinstruments.

Die sechs ermittelten Cohens Kappas ergeben ein uneinheitliches Bild: Vier Inhaltshandlungen zeigen zufrieden stellende oder zumindest akzeptable Werte ( $\kappa > 0,400$ ), die Werte der verbleibenden zwei Inhaltshandlungen bleiben deutlich unter dieser Grenze. Dies deckt sich insgesamt mit dem „brüchige(n) Bild“ bei der Analyse von REYER (2003a, S. 196), obwohl die hier ermittelten Ergebnisse in den einzelnen Inhaltshandlungen von denen von REYER sowohl nach oben als auch nach unten abweichen.

#### *Zusammenfassung der Beurteilerübereinstimmung*

Die im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten Beurteilerübereinstimmungen decken sich im Wesentlichen mit denen von REYER (2003a, S. 197f.):

- Auf Ebene der Sichtstruktur erreicht die Beurteilerübereinstimmung nicht die Erwartungen; die Werte bleiben zum Großteil deutlich unter dem Kriterium für eine gute niedrig inferente Kodierung.
- Die hoch inferente Kodierung der Basisstruktur – also die Kodierung der Lehrzieltypen und der Inhaltshandlungen – ist insgesamt zufrieden stellend verlaufen, wenn auch einzelne Kategorien kritische Werte aufweisen.

Im Hinblick auf die vorliegende Studie ist besonders die Basisstruktur von Interesse, da auf dieser Ebene Veränderung durch die Theorie der Basismodelle zu erwarten sind. Aus dieser Perspektive sind die gewonnenen Videodaten daher trotz der Mängel auf Ebene der Sichtstruktur als ausreichend zuverlässig zu bewerten. Für die Zukunft sind jedoch Modifikationen des Analyseinstruments wünschenswert, wie auch REYER (2003a, S. 197f.) vorschlägt.

## 9-6 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 9

Zur Analyse der Videos der Hauptstudie wurde das Kodierverfahren von REYER (2003a) verwendet. Dabei werden drei Analyseebenen unterschieden: Sichtstruktur, Lehrzieltypen und Inhaltshandlungen.

Insgesamt wurden acht Unterrichtsstunden pro Gruppe analysiert: zwei Stunden zum Thema „Elektrisches Feld“, zwei Stunden zum Thema „Kreisbewegung“ und vier Stunden zum Thema „Newtonsche Axiome“.

Die Sichtstruktur des Unterrichts zeigt keine systematischen Unterschiede zwischen beiden Gruppen. Nur in den Stunden „Newtonsche Axiome“ zeigt sich die aufgrund des Untersuchungsdesigns (Hypothese HPA2) notwendige, stark reduzierte Interaktion zwischen Lernenden und Lehrer.

Auf Ebene der Lehrzieltypen ergibt sich in der Interventionsgruppe ein schärferes Bild der vom Lehrer intendierten Unterrichtsziele: Ein oder zwei Lehrzieltypen, die auch den Basismodellen der Unterrichtsplanung entsprechen, prägen den Unterricht stärker als in der Kontrollgruppe und es kommen weniger zusätzliche Zieltypen vor.

Die Analysen der Inhaltshandlungen ergeben kaum weitere Aufschlüsse. Allerdings fällt ähnlich wie bei den Lehrzieltypen auf, dass in der Interventionsgruppe wenige zentrale Inhaltshandlungen stärker ausgeprägt sind als in der Kontrollgruppe.

Die Berechnung der Beurteilerübereinstimmung zeigt insgesamt zufrieden stellende Ergebnisse, insbesondere auf den Ebenen der Lehrzieltypen und der Inhaltshandlungen.



## KAPITEL 10

### ERGEBNISDISKUSSION

---

<b>10-1</b>	<b>AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN VON INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE</b>	<b>203</b>
<b>10-2</b>	<b>HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 1</b>	<b>204</b>
<b>10-3</b>	<b>HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 2</b>	<b>205</b>
<b>10-4</b>	<b>HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 1</b>	<b>206</b>
<b>10-5</b>	<b>HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 2</b>	<b>207</b>
<b>10-6</b>	<b>HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 3</b>	<b>208</b>
<b>10-7</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 10</b>	<b>209</b>

---

Im Folgenden werden die in Kapitel 5-1 (siehe Seite 107) formulierten Hypothesen auf Grundlage der in den vorangegangenen beiden Kapiteln beschriebenen Untersuchungsergebnisse diskutiert und anschließend bewertet. Da es bei einem Teil der Hypothesen um Veränderungen bei den Schülerinnen und Schülern durch die Intervention geht, müssen zunächst die Ausgangsvoraussetzungen von Interventions- und Kontrollgruppe diskutiert werden.

#### **10-1 AUSGANGSVORAUSSETZUNGEN VON INTERVENTIONS- UND KONTROLLGRUPPE**

Die Ausgangsvoraussetzungen der Probanden wurden im kognitiven Bereich durch den Intelligenztest KFT (siehe Kapitel 8-1, Seite 145) und den TIMSS-Pre-Test (siehe Kapitel 8-2, Seite 146) erhoben. Im affektiv-emotionalen Bereich wurde der Interessen- und Motivations-Pre-Test InMo eingesetzt (siehe Kapitel 8-3, Seite 149).

Im kognitiven Bereich zeigen sich Vorteile für die Kontrollgruppe. Im TIMSS-Test erreichen die Schülerinnen und Schüler dieser Gruppe einen signifikant höheren Mittelwert als die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe. Der Intelligenztest zeigt ebenfalls Vorteile für die Kontrollgruppe, die Differenz zur Interventionsgruppe ist jedoch nicht signifikant.

Im emotionalen Bereich sind keine auf Naturwissenschaften bezogenen Unterschiede zwischen den Gruppen festzustellen. Zwar unterscheiden sich ein Teil der Skalen des Interessen- und Motivationsfragebogens signifikant, dabei zeigt sich jedoch für keine der beiden Gruppen ein Vorteil im Hinblick auf das Interesse an Naturwissenschaften und das Lernen im Physikunterricht.

Insgesamt ist der Kontrollgruppe also bei gleichen affektiv-emotionalen Voraussetzungen eine bessere Ausgangsposition im kognitiven Bereich zu attestieren.

## 10-2 HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 1

Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.

„Realisierbarkeit“ basismodellorientierter Physikaufgaben meint, dass Physikaufgaben auf Grundlage der Basismodelltheorie konstruiert werden können und diese Aufgaben geeignet sind, die Struktur des Unterrichts in Richtung der Basismodelle zu beeinflussen. Zur Untersuchung dieser Hypothese dienen die Videoaufnahmen vom Einsatz des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ in der Interventionsgruppe sowie die Ergebnisse ihrer Analysen.

Das Aufgabenmodul „Die Newtonschen Axiome“ wurde nach dem Basismodell zur Routinebildung konstruiert. Für die Stunden, in denen das Aufgabenmodul von den Schülerinnen und Schülern der Interventionsgruppe bearbeitet wurde, liefert die Analyse der Lehrzieltypen ein klares Ergebnis: In mehr als 87% der Zeitintervalle erkennen die Kodierer den angestrebten Lehrzieltyp ‚Routinebildung‘. Dieses deutliche Ergebnis ist umso aussagekräftiger, als die Analyse der Videoaufnahmen vollständig unabhängig von der Aufgabenplanung vorgenommen wurde (siehe Kapitel 9-1, Seite 168f.): Ohne Wissen über die ursprüngliche Konstruktion des Aufgabenmoduls „Die Newtonsche Axiome“ ordneten die Kodierer diesem in 87%

aller Zeitintervalle den „richtigen“, d.h. den in der Planung intendierten Lehrzieltyp zu. Dieses Ergebnis wird zusätzlich durch die ebenfalls unabhängige Analyse der Inhaltshandlungen gestützt, deren Ergebnis dem zentralen Prozess des Basismodells, dem wiederholten Ausführen und Evaluieren einer Handlung, entspricht.

Die Hypothese HPA1 konnte somit bestätigt werden; basismodellorientierte Physikaufgaben können konstruiert werden und sind geeignet, den Unterricht im Sinne der Basismodelltheorie zu strukturieren:

Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.



### 10-3 HYPOTHESE ZU PHYSIKAUFGABEN 2

Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

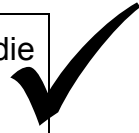
Im Hinblick auf diese Hypothese wurde der Force Concept Inventory als Testteil B in den Mechaniktest aufgenommen. Gleichzeitig wurde das verwendete Aufgabenmodul bereits im Hinblick auf eine spätere Überprüfbarkeit des Lernerfolgs mit dem Force Concept Inventory konstruiert.

Um den Test jedoch überhaupt im Hinblick auf die Hypothese interpretieren zu können ist zunächst sicherzustellen, dass ein möglicher Lernerfolg in der Interventionsgruppe auf die Interaktion mit dem Aufgabenmodul und nicht mit dem Lehrer zurückzuführen ist. Die Interaktion zwischen Lernenden und Lehrperson sollte daher möglichst weitgehend reduziert werden. Dass dies tatsächlich gelungen ist, konnte durch die Analyse der Sichtstruktur der entsprechenden Stunden bestätigt werden (siehe Abbildung 15, Seite 180, und Abbildung 16, Seite 180).

Im Mechaniktest zeigen sich keine signifikanten Differenzen zwischen den Ergebnissen von Interventions- und Kontrollgruppe, beiden Gruppen ist also ein gleich großer Lernerfolg zu unterstellen. Die schlechteren kognitiven Ausgangsvoraussetzungen und die Tatsache berücksichtigend, dass die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe in ungewohnter Weise arbeiteten

und fast völlig auf die Interaktion mit dem Lehrer verzichten mussten, kann dies als Erfolg für die Intervention interpretiert werden. Die Hypothese HPA2 konnte also bestätigt werden:

Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.



#### 10-4 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 1

Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.

Unter Realisierbarkeit basismodellorientierten Physikunterrichts ist zu verstehen, dass Physikunterricht nicht nur punktuell, sondern langfristig nach der Theorie der Basismodelle durchgeführt werden kann und dies zu beobachtbaren Unterschieden im Vergleich zu nicht interveniertem Unterricht führt. Der Unterricht wurde in der Interventionsgruppe über ein gesamtes Schuljahr durchgängig nach Basismodellen geplant, durchgeführt und dokumentiert.

Zur Beantwortung des zweiten Aspekts dienen die Analysen der Unterrichtsvideos. Auf Ebene der Sichtstruktur sind dabei keine typischen Merkmale des intervenierten Unterrichts gegenüber dem nicht intervenierten Unterricht festzustellen.

Dies deckt sich mit den bereits im theoretischen Teil dargestellten Ergebnissen anderer Videostudien (siehe Kapitel 2-6, Seite 26). Zudem geht die Theorie der Basismodelle gerade davon aus, dass es nicht die Sichtstruktur ist, die über die Qualität des Lernens entscheidet, sondern die Basisstruktur. Die Basismodelle machen ihrerseits Vorgaben zur Strukturierung der Basisstruktur, die Übersetzung in Sichtstruktur bleibt den Lehrerinnen und Lehrern überlassen. Einflüsse der Basismodelltheorie sind daher auf Ebene der Basisstruktur zu suchen.

Das benutzte Verfahren zur hoch inferenten Kodierung der Unterrichtsvideos unterscheidet zwischen der lehrerseitigen Basisstruktur (Lehrzieltypen) und der schülerseitigen Basisstruktur (Inhaltshandlungen). Tatsächlich ließen sich auf diesen Analyseebenen Unterschiede zwischen den Gruppen ausmachen, die auf den Einfluss der Basismodelle im Unterricht der Interventionsgruppe schließen lassen.



Die Analyse der Lehrzieltypen zeigt für die Interventionsgruppe jeweils ein bis zwei deutlich dominierende Lehrzieltypen, die stets mit den der Unterrichtsplanung zugrunde liegenden Basismodellen übereinstimmen. Zusätzliche Zieltypen werden deutlich seltener kodiert. Das Profil der Lehrzieltypen im nicht intervenierten Unterricht ist weniger scharf ausgeprägt. Es gibt keine ähnlich deutlichen Schwerpunkte wie in der Interventionsgruppe und insgesamt werden in den Stunden mehr unterschiedliche Zieltypen kodiert.

Die Analyse der Inhaltshandlungen zeigt weniger deutliche Differenzen, da die Zuordnungen der Inhaltshandlungen zu den Handlungskettenelementen der Basismodelle nicht eindeutig sind. Es fällt allerdings auf, dass im Unterricht der Interventionsgruppe wenige zentrale Inhaltshandlungen deutlich ausgeprägt sind, ähnlich wie dies bei den Lehrzieltypen der Fall ist. Im Kontrollgruppenunterricht fehlen solch eindeutige Ausprägungen.

Durch Kodierung des Unterrichtsgeschehens auf Ebene der Basisstruktur ist also basismodellorientierter Unterricht als solcher zu identifizieren. Hypothese HPU1 kann demnach bestätigt werden:

Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.



## 10-5 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 2

Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

In Bezug auf diese Hypothese wurden verschiedene Testinstrumente eingesetzt. Dies waren:

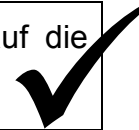
- der TIMSS-Aufgabentest als Pre- und Post-Test (siehe Kapitel 8-2, Seite 146),
  - der Inhaltstest zur Elektrizitätslehre (siehe Kapitel 8-4, Seite 157)
- und
- der Inhaltstest zur Mechanik (siehe Kapitel 8-5, Seite 157).

Der TIMSS-Pre-Test diente zusammen mit dem Kognitiven Fähigkeitstest sowie dem Interessen- und Motivations-Pre-Test zur Untersuchung der Ausgangsvoraussetzungen beider Gruppen. In Kapitel 10-1 (siehe Seite 203) wurde bereits dargelegt, dass die kognitiven Ausgangsbedingungen der Kontrollgruppe besser sind (signifikant besseres Ergebnis im TIMSS-Pre-Test), die affektiv-emotionalen Faktoren sind vergleichbar.

Beide Inhaltstests, sowohl zur Elektrizitätslehre als auch zur Mechanik, zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen. Im TIMSS-Post-Test zeigt sich, im Gegensatz zum Pre-Test, insgesamt kein signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen.

Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe haben also trotz schlechterer Ausgangsvoraussetzungen gleich gute Ergebnisse in den Inhaltstests erzielt. Im TIMSS-Test konnten sie den bestehenden Rückstand sogar ausgleichen. Die Hypothese HPU2 kann somit bestätigt werden:

Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.



### 10-6 HYPOTHESE ZUM PHYSIKUNTERRICHT 3

Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.

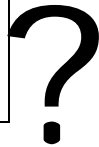
Zur Bewertung dieser Hypothese dient der Interessen- und Motivationsfragebogen, der als Pre- und Post-Test eingesetzt wurde. Im Pre-Test gibt es auf einigen Skalen Unterschiede zwischen den Gruppen, die im Hinblick auf die Studie jedoch nicht relevant sind. Motivations- und Interessenunterschiede in Bezug auf Physik sind nicht festzustellen.

Im Vergleich von Pre- und Post-Test bleibt das Interesse an Physik und Naturwissenschaften in der Interventionsgruppe stabil. In der Kontrollgruppe fällt das Interesse an Mathematik- und Naturwissenschaften auf mehreren Skalen. Eine genauere Analyse der den Skalen zu Grunde liegenden Items zeigt aber, dass dies

in erster Linie auf das Fach Erdkunde zurückzuführen ist. Der Interessenrückgang an Physik verfehlt knapp die Signifikanz.

Es gibt damit Hinweise, die die Hypothese HPU3 unterstützen. Diese Hinweise reichen jedoch noch nicht für eine Bestätigung der Hypothese aus. Daher muss offen bleiben, ob Hypothese HPU3 zutrifft:

Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.



## 10-7 ZUSAMMENFASSUNG KAPITEL 10

Insgesamt konnten durch die Hauptstudie vier der fünf Hypothesen bestätigt werden:

- Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar. (HPA1)
- Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus. (HPA2)
- Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar. (HPU1)
- Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus. (HPU2)

Ob sich basismodellorientierter Physikunterricht auch positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern auswirkt (HPU3), konnte weder bestätigt noch verworfen werden.



## **KAPITEL 11**

### **ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK**

---

<b>11-1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DES THEORETISCHEN TEILS</b>	<b>211</b>
<b>11-2</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG DES EMPIRISCHEN TEILS</b>	<b>213</b>
<b>11-3</b>	<b>AUSBLICK</b>	<b>214</b>

---

#### **11-1 ZUSAMMENFASSUNG DES THEORETISCHEN TEILS**

Zu Beginn dieser Arbeit wurden einige grundlegende Annahmen zum Lehren und Lernen im Physikunterricht dargestellt. Ausgehend von einer Gesellschaft, die zunehmend von Naturwissenschaften und Technik geprägt wird, soll Scientific Literacy im Sinne von PISA Ziel des schulischen Physiklernens sein. Um dem hohen Anspruch dieses Lehrziels gerecht zu werden, wird Scientific Literacy allerdings als Kontinuum mit verschiedenen Kompetenzstufen verstanden. Der eigentliche Lernprozess wird dabei aus einer pragmatischen, moderat konstruktivistischen Perspektive betrachtet: als aktiver, individueller und motivational beeinflusster Konstruktionsprozess.

Im Weiteren wurde der Frage nachgegangen, was guten Unterricht – speziell guten Physikunterricht – ausmacht. Ausgangspunkt waren die Ergebnisse der TIMSS-Videostudie, die in Verbindung mit den Leistungsergebnissen der TIMS-Studie Problemfelder des deutschen Mathematikunterrichts aufdecken und mögliche Alternativen anbieten. Der im Rahmen der TIMSS-Videostudie aufgekommene Begriff des Unterrichtsskripts wurde diskutiert und vertieft. Anhand der TIMSS-1999-Videostudie und neuerer Videostudien zum Physikunterricht wurden aber auch Grenzen der Beschreibung von Unterricht durch Skripte dargestellt. Zudem wurden,

in Anlehnung an HELMKE (2003) empirisch belegte Merkmale von Unterrichtsqualität benannt. Abschließend wurden Schlussfolgerungen für notwendige Weiterentwicklungen des Physikunterrichts gezogen. Dabei wurde insbesondere eine Theorie gefordert, die sich nicht nur auf die Sichtstruktur des Unterrichts bezieht, Hilfen für die zuvor aufgezeigten Problemfelder des Unterrichts anbietet und – wie es aus konstruktivistischer Sicht wünschenswert wäre – die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt.

Eine Theorie, die diesen Ansprüchen in einem hohen Maße gerecht wird, ist die Theorie der Basismodelle. Sie ordnet einer begrenzten Zahl von Lehrzieltypen so genannte Basismodelle zu. In ihnen werden lerntheoretisch optimierte operative Handlungsfolgen, so genannte Handlungsketten, beschrieben. Diese Handlungsketten sind für Lehrende bei der Unterrichtsplanung verbindlich einzuhalten. Als Ergänzung dieser theoretischen Grundlage wurden die Begriffe „Unterrichtsskript“ und „Unterrichtsqualität“ diskutiert.

Eine neue theoretische Grundlage des Unterrichts mag ein Weg sein, die Ergebnisse des schulischen Lernens zu verbessern. Nach den Erfahrungen von REYER (2003a) ist aber anzunehmen, dass es Lehrerinnen und Lehrern schwer fallen wird, ihre Planungen konsequent der Theorie entsprechend zu verändern. Eine Möglichkeit, sie dabei zu unterstützen besteht darin, ihnen geeignetes Aufgabenmaterial zur Verfügung zu stellen, das dabei hilft den Unterricht im Sinne der Basismodelle zu strukturieren.

Dem Bereich der Physikaufgaben ist in der Folge der internationalen Vergleichsuntersuchungen zunehmend mehr Aufmerksamkeit in der Fachdidaktik zuteil geworden. In der Diskussion um eine neue Aufgabenkultur werden hohe Erwartungen an das Potential von Aufgaben für den Physikunterricht gestellt. Dazu wurden aktuelle Ansätze diskutiert. In dieser Arbeit selbst wurde ein Ansatz zur Konstruktion von Physikaufgaben vertreten, der auf der Basismodelltheorie fußt. Ähnlich, wie sich basismodellorientierter Unterricht an den Elementen der Handlungsketten orientiert, sollen basismodellorientierte Physikaufgaben so konstruiert sein, dass sie ausgewählte Teile der Handlungsketten initiieren. Um Aufgaben zusätzlich auch inhaltlich gezielt einsetzen zu können, wurde die basismodellorientierte Konstruktion von Physikaufgaben durch ein Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben ergänzt. Dies beruht auf einem bereits zuvor entwickelten System, dass durch die umfangreichen aktuellen Ergebnisse und

Entwicklungen bei der Aufgabenanalyse und -konstruktion im Rahmen von TIMSS und PISA ergänzt wurde.

## **11-2 ZUSAMMENFASSUNG DES EMPIRISCHEN TEILS**

Zu Beginn des empirischen Teils wurden die Ziele der anstehenden Untersuchung dargelegt und davon fünf Hypothesen abgeleitet, von denen sich zwei Hypothesen auf Physikaufgaben beziehen, die anderen drei Hypothesen auf Physikunterricht:

### **Hypothesen über Physikaufgaben**

HPA1 Basismodellorientierte Physikaufgaben sind realisierbar.

HPA2 Basismodellorientierte Physikaufgaben wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

### **Hypothesen über Physikunterricht**

HPU1 Basismodellorientierter Physikunterricht ist realisierbar.

HPU2 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus.

HPU3 Basismodellorientierter Physikunterricht wirkt sich positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern aus.

Aus diesen Hypothesen ergab sich das grundsätzliche Untersuchungsdesign: eine Interventionsstudie im Kontrollgruppendesign. Als notwendige Erhebungsinstrumente wurden verschiedene Leistungs- und Motivationstests sowie die Videografierung und Kodierung des Unterrichts identifiziert. Zudem mussten basismodellorientierte Aufgaben entwickelt werden, die von Schülerinnen und Schülern möglichst selbstständig und ohne Interaktionen mit dem Unterrichtenden bearbeitet werden können.

Daher war es nötig, zuvor auf Grundlage der Theorie der Basismodelle entwickelte Aufgaben in einer Vorstudie zu testen. Nach den Ergebnissen dieser Voruntersuchung wurden die Aufgaben vor ihrem Einsatz in der Hauptstudie überarbeitet. Ein zusätzlich im Rahmen der Vorstudie erprobtes Kodierverfahren für die Analyse von Unterrichtsvideos wurde verworfen.

Nach einer Zusammenfassung der Anlage der Hauptstudie mit besonderer Beachtung der Implementation des basismodellorientierten Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ wurden die Ergebnisse der Leistungstests und der Videodaten dargestellt. Die Schülerinnen und Schüler der Interventionsgruppe zeigen trotz schlechterer kognitiver Ausgangsvoraussetzungen mindestens gleich gute Lernerfolge. In den Videos zeigen sich auf Ebene der Basisstruktur Unterschiede zwischen Interventions- und Kontrollgruppe, die sich konsistent als Folge der basismodellorientierten Unterrichtsplanung in der Interventionsgruppe interpretieren lassen.

Mit diesen Ergebnissen konnten die ersten vier Hypothesen bestätigt werden: Basismodellorientierte Physikaufgaben und basismodellorientierter Physikunterricht sind realisierbar und die durch sie im Unterricht bewirkten Veränderungen sind beobachtbar (HPA1 und HPU1). Sowohl basismodellorientierte Physikaufgaben als auch basismodellorientierter Physikunterricht wirken sich positiv auf die Leistung von Schülerinnen und Schülern aus (HPA2 und HPU2). Die fünfte Hypothese (HPU3), die besagt, dass sich basismodellorientierter Physikunterricht auch positiv auf das Interesse und die Motivation von Schülerinnen und Schülern auswirkt, konnte nach den Ergebnissen der Hauptstudie weder bestätigt noch verworfen werden.

### 11-3 AUSBLICK

Die Ergebnisse dieser Studie sind mit Blick auf die Theorie der Basismodelle als theoretische Grundlage eines lernprozessorientierten Unterrichts ermutigend. Die Interventionsgruppe hat trotz schlechterer kognitiver Ausgangsbedingungen gleich gute Lernerfolge wie die Kontrollgruppe erzielt. Dieses Resultat ist um so höher zu bewerten, als das zusätzlich berücksichtigt werden muss, dass die Interventionsgruppe von einem Anfänger unterrichtet wurde, die Kontrollgruppe durch einen engagierten, erfahrenen Lehrer.

Dennoch ist eine Verallgemeinerung der Ergebnisse nur bedingt möglich. Letztlich handelt es sich bei der hier vorgestellten Untersuchung um eine Fallstudie, die lediglich zwei Physikkurse einer Jahrgangsstufe und insgesamt 27 Probanden umfasst. Für eine Verallgemeinerung der Ergebnisse wäre der Studienumfang erheblich zu vergrößern. Andererseits sollen die Resultate auch nicht geschmälert



werden. Sie sind ermutigend genug, um den mit einer umfangreicheren Interventionsstudie verbundenen Aufwand zu rechtfertigen.

Im Anschluss an die Studie wäre es daher wünschenswert, die Hypothesen durch eine Interventionsstudie von ähnlichem Design aber größerem Umfang abzusichern. Da es nach den Erfahrungen von REYER (2003a, S. 21) aber schwierig ist, Lehrerinnen und Lehrer entgegen ihrer bewährten Handlungsrouinen zu einer basismodellorientierten Unterrichtsgestaltung zu bewegen, müsste dies mit einer gezielten Lehrerfortbildung verbunden werden. Es würde sich daher anbieten, eine solche Lehrerfortbildung mit einer Interventionsstudie zu kombinieren. Dieser Ansatz wird im Folgenden näher erläutert.

Interessierte Lehrerinnen und Lehrer würden zunächst vor Beginn der Fortbildung ein bis zwei Mal in ihrem Unterricht videografiert, um den Ist-Zustand ihres Unterrichts zu erheben. In der sich über einen längeren Zeitraum erstreckenden Fortbildung selbst würden diese Videos den Lehrerinnen und Lehrern dabei helfen, ihre eigene Praxis zu reflektieren und Handlungsalternativen auf Grundlage der Basismodelltheorie zu entwickeln. Im Anschluss an die Fortbildung würden die Lehrerinnen und Lehrer wiederum mehrfach in ihrem Unterricht videografiert. Dies würde als Post-Test dienen, um herauszufinden ob die Ideen der Basismodelltheorie im Unterricht tatsächlich Anwendung finden. Darin erfolgreiche Lehrerinnen und Lehrer sollten dann für die eigentliche Interventionsstudie gewonnen werden, in der über den Zeitraum eines Schulhalbjahres in mehreren, ausgewählten Jahrgangsstufen die kognitiven Ausgangsvoraussetzungen und Lernerfolge sowie das Interesse und die Motivation der Schülerinnen und Schüler durch Tests ermittelt würden. Diese Ergebnisse würden mit zeitgleich erhobenen Daten der Lernenden aus Kontrollgruppen verglichen, deren Lehrerinnen und Lehrer nicht an der Fortbildung teilgenommen haben. Im positiven Fall sind die Ergebnisse dieser Tests geeignet, die hier in einem Fallbeispiel bestätigten Hypothesen verallgemeinern zu helfen. Zudem würde der Unterricht aller beteiligten Lehrenden während der Studie mehrfach videografiert, um die tatsächliche Basismodellorientierung überprüfen zu können.

Im Hinblick auf den Einsatz basismodellorientierter Aufgaben als Hilfsmittel zur Strukturierung des Unterrichts würde sich in der zuvor beschriebenen Studie noch eine zweite Interventionsgruppe anbieten. Diese sollte sich aus Lehrerinnen und Lehrern zusammensetzen, die nach der Fortbildung weniger erfolgreich in der

Umsetzung von Basismodellen im Unterricht waren. Diesen Lehrerinnen und Lehrern würden während der Intervention basismodellorientierte Physikaufgaben für ihren Unterricht zur Verfügung gestellt werden. Diese Aufgaben sollten ausführlich kommentiert sein, um die Lehrerinnen und Lehrer dieser Gruppe in die Lage zu versetzen, ihre Kompetenzen bei der Anwendung der Basismodelltheorie auf die Planung von Physikunterricht und -aufgaben zu verbessern. Zudem sollten die Aufgaben möglichst viele Basismodelle berücksichtigen, um über das im Rahmen des Aufgabenmoduls „Die Newtonschen Axiome“ verwendete Basismodell Routinebildung hinaus Ergebnisse zu erhalten. Auch in dieser Interventionsgruppe wären die entsprechenden Leistungstests durchzuführen, die Videos sollten zusätzlich daraufhin untersucht werden, ob eine positive Entwicklung hin zu einem stärker basismodellorientierten Unterricht zu attestieren ist. Daher wäre für diese Gruppe eine größere Anzahl von Videos sinnvoll als in der Kontroll- und der eigentlichen Interventionsgruppe.

Zusätzlich könnten im Rahmen einer solchen Studie die Instrumente zur Analyse des Unterrichts verfeinert werden. Insbesondere die Ergebnisse der Analyse der Inhaltshandlungen erwiesen sich als nicht eindeutig interpretierbar. Dieses Instrument zur Erhebung der schülerseitigen Basisstruktur müsste daher noch weiterentwickelt werden. Für die zukünftige Entwicklung der Basismodelltheorie wäre es auch wünschenswert, die Basisstruktur nicht nur aus der Sicht unabhängiger Kodierer zu erheben. Da die Lernprozesse der Schülerinnen und Schüler im Mittelpunkt der Basismodelltheorie stehen, wäre es konsequent, auch die Wahrnehmung des Unterrichts durch die Schülerinnen und Schüler zu erheben. Aufgrund der ermutigenden Ergebnisse bei der Kodierung der Lehrzieltypen könnte auf Grundlage der dabei verwendeten Kodieritems ein Schülerfragebogen zu den wahrgenommenen Unterrichtszielen entwickelt werden. Damit könnten die Beobachtungen der Kodierer mit den Wahrnehmungen der Schülerinnen und Schüler verglichen werden.

Ein anderer Zweig dieser Arbeit, der eine lohnende Weiterentwicklung verspricht, ist die inhaltliche Diskussion von Aufgaben mit dem überarbeiteten Kategoriensystem zur Analyse von Physikaufgaben. Im Rahmen dieser Studie ist dies dazu verwendet worden, basismodellorientierte Aufgaben inhaltlich zu charakterisieren und zu modifizieren. Es fehlen bisher umfangreichere Anwendungen des Kategoriensystems

auf Physikaufgaben ebenso wie die Überprüfung der Objektivität durch verschiedene Anwender.

Es steht allerdings in Frage, ob eine solche Untersuchung zum gegenwärtigen Zeitpunkt sinnvoll wäre. So haben die Ergebnisse von PISA 2000 bereits zu erheblichen Veränderungen des ursprünglichen Kategoriensystems geführt. Durch PISA 2003 und erst recht durch PISA 2006, wenn die Naturwissenschaften den Schwerpunkt der Untersuchung bilden, werden sich neue Erkenntnisse im Bereich der Aufgabenanalyse ergeben, die vermutlich zu noch umfangreicheren Modifikationen führen werden. Es wäre daher wahrscheinlich angemessen, vor einer Erprobung des Kategoriensystems diese weiteren Modifikationen abzuwarten. Alternativ könnte auch versucht werden, die PISA-Studie 2006 direkt zur Überprüfung und Weiterentwicklung des Kategoriensystems zu nutzen. Dazu könnten die Physikitems vorab von mehreren Experten des PISA-Konsortiums mit dem Kategoriensystem geratet werden. Die Experteneinschätzungen könnten miteinander verglichen und nach Abschluss der Untersuchung mit Ergebnissen der Schülerleistungen in Beziehung gesetzt werden. Daraus ergäben sich ein Maß für die Anwendbarkeit und Objektivität des Systems und auch eine Einschätzung der Möglichkeit, mit seiner Hilfe Aufgabenschwierigkeiten vorherzusagen.

Sowohl im Bereich der Theorie der Basismodelle als Grundlage eines lernprozessorientierten Physikunterrichts als auch im Bereich der inhaltlichen Analyse von Physikaufgaben lässt diese Arbeit also viele offene Enden für weitere Forschungsarbeiten. Die empirischen Ergebnisse sind aber – insbesondere im Hinblick auf die Basismodelltheorie – äußerst ermutigend und lassen weitere fachdidaktische Anstrengungen in diesem Bereich gerechtfertigt und sogar lohnenswert erscheinen.



## LITERATURVERZEICHNIS

---

- BAUMERT, J. & H. LANGE (2001). Wieso, weshalb warum?. Über die Ursachen der Bildungsmisere und wie man Schule besser machen kann. Jürgen Baumert und Hermann Lange im Zeit-Gespräch. In Die Zeit, Nr. 50.
- BAUMERT, J. & O. KÖLLER (2000). Unterrichtsgestaltung, verständnisvolles Lernen und multiple Zielerreichung im Mathematik- und Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik und Naturwissenschaftsstudie. Mathematik und Physik am Ende der Schullaufbahn. Band 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. S. 271-315. Opladen: Leske und Budrich.
- BAUMERT, J., C. ARTELT, E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFELE, W. SCHNEIDER, K.-J. TILLMANN & M. WEIß (HRSG.) (2002). PISA 2000 – Die Länder der Bundesrepublik Deutschland im Vergleich. Opladen: Leske und Budrich.
- BAUMERT, J., E. KLIEME & W. BOS (2001a). Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn – Die Herausforderung von TIMSS für die Weiterentwicklung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente. S. 11-41.
- BAUMERT, J., E. KLIEME, M. NEUBRAND, M. PRENZEL, U. SCHIEFELE, W. SCHNEIDER, P. STANAT, K.-J. TILLMANN & M. WEIß (2001b). Program for International Student Assessment. Schülerleistungen im internationalen Vergleich. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- BAUMERT, J., R. LEHMANN, M. LEHRKE ET AL. (1997): TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske und Budrich.
- BAUMERT, J., W. BOS & R. WATERMANN (1998). TIMSS/III. Schülerleistungen in Mathematik und den Naturwissenschaften am Ende der Sekundarstufe II im internationalen Vergleich. Zusammenfassung deskriptiver Ergebnisse. Berlin: Max-Planck-Institut für Bildungsforschung.
- BECKER, J. P. & S. SHIMADA (ED.) (1997). The Open-Ended Approach. A New Proposal for Teaching Mathematics. Reston, Virginia: National Council of Teachers of Mathematics.
- BEICHNER, R. J. (1996). Test of Understanding Graphs. Kinematics. Version 2.6. North Carolina State University: Department of Physics.

- BORTZ, J. (1999). Statistik für Sozialwissenschaftler. Fünfte, vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Berlin: Springer.
- BROMME, R., F. SEEGER & H. STEINBRING (1990). Aufgaben als Anforderungen an Lehrer und Schüler. Köln: Aulis.
- BÜHL, A. & P. ZÖFEL (2002). SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8., überarbeitete und erweiterte Auflage. München: Pearson.
- BUND-LÄNDER-KOMMISSION FÜR BILDUNGSPLANUNG UND FORSCHUNGSFÖRDERUNG (1997). Gutachten zur Vorbereitung des Programms „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts. Bonn (= Materialien zur Bildungsplanung und zur Forschungsförderung, Heft 60).
- BYBEE, R. W. (1997). Towards an understanding of scientific literacy. In W. Gräber & C. Bolte (Ed.). Scientific Literacy. An international symposium. Kiel: IPN, pp. 37-68.
- CLAUSEN, M., K. SCHNABEL & S. SCHRÖDER (2002). Konstrukte der Unterrichtsqualität im Expertenurteil. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 3, S. 246-260.
- DEUTSCHER VEREIN ZUR FÖRDERUNG DES MATHEMATISCHEN UND NATURWISSENSCHAFTLICHEN UNTERRICHTS, MNU (2001). Physikunterricht und Naturwissenschaftliche Bildung – aktuelle Anforderungen. Empfehlungen zur Gestaltung von Lehrplänen bzw. Richtlinien für den Physikunterricht. In Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, Vol. 54, Nr. 7, Beihefter.
- DITTON, H. (2002). Unterrichtsqualität – Konzeptionen, methodische Überlegungen und Perspektiven. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 3, S. 197-212.
- DRAXLER, D. (2000). Eine theoretisch begründete Charakterisierung von Physikaufgaben und ihre Funktion im Unterricht der Sekundarstufe I. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II. Universität Dortmund.
- DREYER, H. P. (Hrsg.) (1999). Phänomena. Aspekte der Realität in Physikaufgaben. Zürich: Sabe.
- DUFFY, G., L. R. ROEHLER, M. S. MELOTH & L. G. VAVRUS (1986). Conceptualizing instructional explanation. In Teaching & Teacher Education, Vol. 2, No. 3, pp. 197-214.
- DUIT, R. (1995). Zur Rolle der konstruktivistischen Sichtweise in der naturwissenschaftlichen Lehr- und Lernforschung. In Zeitschrift für Pädagogik, Vol. 41, Nr. 6, S. 905-923.
- DUIT, R., H. E. FISCHER & W. MÜLLER (2002). Vielfalt und Routine. Der Physikunterricht braucht eine andere Aufgabenkultur. In Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Vol 13, No. 67, S. 4-7.
- EDER, F. (2002). Unterrichtsklima und Unterrichtsqualität. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 3, S. 213-229.
- FIEDLER, G. (1991). Anwendungsaufgaben im naturwissenschaftlichen Unterricht. Frankfurt/M.: Lang.

- FISCHER, H. E. & D. DRAXLER (2001). Aufgaben und Naturwissenschaftlicher Unterricht. In *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, Vol. 54, Nr. 7, S. 388-393.
- FISCHER, H. E. & D. DRAXLER (2002). Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben. In E. Kircher & W. B. Schneider (Hrsg.). *Physikdidaktik in der Praxis*. Berlin, Heidelberg: Springer, S. 300- 322.
- FISCHER, H. E. & E. SUMFLETH (2002). Physik- und Chemieunterricht nach PISA. Unterrichtsorganisation und Lernerfolg. In H. Buchen, L. Horster, G. Pantel & H.-G. Rolff: *Schulleitung und Schulentwicklung*. 2. Auflage, E 2.13, Stuttgart: Raabe, S. 1-16.
- FISCHER, H. E. (1998). Scientific Literacy und Physiklernen. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Vol. 4, Nr. 2, S. 41-52.
- FISCHER, H. E. (2001). Einführung in die Konstruktion und Bewertung von Physikaufgaben zur Verbesserung des Physikunterrichts. In LSW-NRW, Landesinstitut für Schule und Weiterbildung NRW (2001). *Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung von Unterricht in der Sekundarstufe I. Fach Physik. Aufgabenvorschläge zur Steigerung der Qualität des Physikunterrichts und Hinweise zum unterrichtlichen Einsatz*. Entwurf. S. 37-53.
- FISCHER, H. E., K. KLEMM, D. LEUTNER, E. SUMFLETH, R. TIEMANN & J. WIRTH (2004). Naturwissenschaftsdidaktische Lehr-Lernforschung: Defizite und Desiderata. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, Vol. 9, S. 179-209.
- GASTAGER, A. & J.-L. PATRY (1997). Was tut sich in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler? Eine Analyse der inneren Aktivität während des Mathematikunterrichts. In Oser, F. K., J.-L. Patry, T. Elsässer, S. Sarasin & B. Wagner. *Choreographien unterrichtlichen Lernens – Schlußbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung*. Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz, S. 249-290.
- GERGES, J. & H. SCHECKER (1999). Der Force Concept Inventory. Ein diagnostischer Test zu Schülervorstellungen in der Mechanik. In *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, Vol. 52, Nr. 5, S. 283-288.
- GRÖGER, M., J. SCHMITZ & V. HOFHEINZ (2002). Fragen aus dem realen Leben. Aufgaben in Anlehnung an die PISA-Studie. In *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, Vol 13, Nr. 67, S. 21-23.
- HÄUßLER, P. & G. LIND (1998). BLK-Programmförderung „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Stand Juli 1998. (Quelle: <http://blk.mat.uni-bayreuth.de/blk/blk/material/ipn.html>, Funddatum: 18.12.2000).
- HELLER, K. A. & C. PERLETH (2000). Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klassen. Revision. Göttingen: Hogrefe.
- HELMKE, A. (2002). Kommentar: Unterrichtqualität und Unterrichtsklima: Perspektiven und Sackgassen. In *Unterrichtswissenschaft*, Vol. 30, Nr. 3, S. 261-277.

- HELMKE, A. (2003). Unterrichtsqualität. Erfassen. Bewerten. Verbessern. Seelze: Kallmeyer.
- HENNINGSEN, M. & M. K. STEIN (1997). Mathematics Tasks and Student Cognition: Classroom-Based Factors That Support and Inhibit High-Level Mathematical Thinking and Reasoning. In *Journal for Research in Mathematics Education*, Vol. 28, No. 5, pp. 524-549.
- HESTENES, D. & M. WELLS (1992). A Mechanics Baseline Test. In *The Physics Teacher*, Vol. 30, pp. 159-166.
- HESTENES, D., M. WELLS & G. SWACKHAMER (1992). Force Concept Inventory. In *The Physics Teacher*, Vol. 30, pp. 141-158.
- HORSTENDAHL, M. (1999). Motivationale Orientierung im Physikunterricht. Berlin: Logos.
- KÄHLER, W.-M. (1995). Einführung in die Statistische Datenanalyse. Grundlegende Verfahren und deren EDV-gestützter Einsatz. Braunschweig: Vieweg.
- KAUERTZ, A. (2003). An Basismodellen des Lernens orientierte Physikaufgaben in der gymnasialen Sekundarstufe II. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der ersten Staatsprüfung für das Lehramt Sekundarstufe II. Universität Dortmund.
- KEITEL, C. (1998). Mathematikunterricht zwischen Wissenschaft und Politik: TIMSS und die Folgen des Mythos Japan. In M. Neubrand (Hrsg.): Beiträge zum Mathematikunterricht 1998. Vorträge auf der 32. Tagung für Didaktik der Mathematik von 2. bis zum 6. März in München. Hildesheim: Franzbecker, S. 347-350.
- KLEMM, K. (1998). TIMSS III – Als Munition im Schulstreit ungeeignet. In *Erziehung und Wissenschaft*, Nr. 7/8, S. 14-17.
- KLIEME, E. & J. BAUMERT (2001). TIMSS als Startpunkt für Qualitätssicherung und Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente. S. 5-9.
- KLIEME, E. (2000). Fachleistungen im voruniversitären Mathematik- und Physikunterricht: Theoretische Grundlagen, Kompetenzstufen und Unterrichtsschwerpunkte. In J. Baumert, W. Bos & R. Lehmann (Hrsg.). TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn. Band 2. Mathematische und physikalische Kompetenzen am Ende der gymnasialen Oberstufe. Opladen: Leske und Budrich.
- KLIEME, E., G. SCHÜMER & S. KNOLL (2001). Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I: "Aufgabekultur" und Unterrichtsgestaltung. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). TIMSS – Impulse für Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente. S. 43-57.
- KÖRNDLE, H., S. NARCISS & J. SCHÄFER (1999). Förderung des mathematisch-naturwissenschaftlichen Kompetenzerwerbs durch komplexe Lernaufgaben. Projektskizze für das Schwerpunktprogramm Die Bildungsqualität von Schule: Fachliches und fächerübergreifendes Lernen im mathematisch-



- naturwissenschaftlichen Unterricht in Abhängigkeit von schulischen und außerschulischen Kontexten.
- KUHN, T. S. (1976). Die Struktur der wissenschaftlichen Revolution. Zweite revidierte und um das Postskriptum von 1969 ergänzte Auflage. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- LABUSCH (in Vorb.). Materialgestützte Instruktionsstrategien im (Physik-) Sachunterricht der Grundschule. (Arbeitstitel).
- LSW-NRW, LANDESINSTITUT FÜR SCHULE UND WEITERBILDUNG NRW (2001). Qualitätsentwicklung und Qualitätssicherung von Unterricht in der Sekundarstufe I. Fach Physik. Aufgabenvorschläge zur Steigerung der Qualität des Physikunterrichts und Hinweise zum unterrichtlichen Einsatz. Entwurf.
- MALONEY, D. P., T. L. O'KUMA, C. J. HIEGGELKE & A. VAN HEUVELEN (2001). Surveying students' conceptual knowledge of electricity and magnetism. In Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement, Vol. 69, No. 7, pp. 12-23.
- MIETZEL, G (1998). Pädagogische Psychologie des Lernens und Lehrens. 5., vollständig überarbeitete Auflage des Buches ‚Psychologie in Unterricht und Erziehung‘. Göttingen: Hogrefe.
- MSWF, MINISTERIUM FÜR SCHULE, WISSENSCHAFT UND FORSCHUNG DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (2001). Fit in Physik (FiP). Aufgaben im Physikunterricht mit Blick auf die TIMS-Studie (III). Schriftenreihe Schule in NRW Nr. 9035/2.
- MÜLLER, A. & W. MÜLLER (2002). Physikaufgaben und Kompetenzentwicklung. In Naturwissenschaften im Unterricht Physik, Vol 13, Nr. 67, S. 31-33.
- NACHTIGALL, D. & G. ZEYER (1990). Das Feldkonzept. Lehr-Lernbuch für Physik. Frankfurt/Main: Lang.
- NEUBRAND, J. (2003). Aufgabe=Aufgabe? Mathematische Aufgaben im internationalen Vergleich. In Aufgaben. Lernen fördern – Selbstständigkeit entwickeln. Jahresheft XXI/2003 aller pädagogischen Zeitschriften des Friedrich Verlags, S. 30-31.
- NEUBRAND, M. (1998). Geometrische Aufgaben aus dem japanischen „Open-ended Approach“. In M. Neubrand. Beiträge zum Mathematikunterricht: Vorträge auf der 32. Tagung für Didaktik der Mathematik vom 2. bis 6. März 1998 in München. Hildesheim: Franzbecker, S. 483-486.
- NEUBRAND, M., E. KLIEME, O. LÜDTKE & J. NEUBRAND (2002). Kompetenzstufen und Schwierigkeitsmodelle für den PISA-Test zur mathematischen Grundbildung. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 2, S. 100-119.
- NEUBRAND, M., R. BIEHLER, W. BLUM, E. COHORS-FRESENBORG, L. FLADE, N. KNOCH, D. LIND, W. LÖDING, G. MÖLLER & A. WYNANDS (Deutsche PISA-Expertengruppe Mathematik) (2001). Grundlagen der Ergänzung des internationalen PISA-Mathematik-Tests in der deutschen Zusatzerhebung. In Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, Vol. 33, Nr. 2, S. 45-59.
- NOLD, G. (1992). Lernbedingungen, Lernstrategien. kognitive Strukturen. Ein Problemaufriß. In G. Nold (Hrsg.). Lernbedingungen und Lernstrategien.

- Welche Rolle spielen kognitive Verstehensstrukturen? Tübingen: Narr, S. 9-22.
- OECD (Organisation for the Economic Co-operation and Development) (2001a). Knowledge and Skills for Life. First Results from the OECD Programme for international Student Assessment (PISA) 2000.
- OECD (2001b). Lernen für das Leben. Erste Ergebnisse der internationale Schulleistungsstudie PISA 2000. Paris: OECD.
- OSER, F. & J.-L. PATRY (1990). Choreographien unterrichtlichen Lernens, Basismodelle des Unterrichts. Berichte zur Erziehungswissenschaft, Nr. 89. Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz.
- OSER, F. K. & BAERISWYL, F. (2000). Choreographies of Teaching: Bridging Instruction to Learning. In V. Richardson (Editor): Handbook of Research on Teaching, Fourth Edition. New York: Macmillan, pp. 1031-1065.
- OSER, F. K., J.-L. PATRY, T. ELSÄSSER, S. SARASIN & B. WAGNER (1997). Choreographien unterrichtlichen Lernens – Schlußbericht an den Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung. Pädagogisches Institut der Universität Freiburg, Schweiz.
- PRENZEL, M. (2002). Angefragt. „Wir müssen den neuen Unterricht nicht erfinden“. (Interview). In forum schule, Nr. 2, S. 18-19.
- PRENZEL, M., J. ROST, M. SENKBEIL, P. HÄUßLER & A. KLOPP (2001). Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In J. Baumert, E. Klieme, M. Neubrand, M. Prenzel, U. Schiefele, W. Schneider, P. Stanat, K.-J. Tillmann & M. Weiß (Hrsg.). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske und Budrich, S. 191-248.
- PRENZEL, M., P. HÄUßLER, J. ROST & M. SENKBEIL (2002). Der PISA-Naturwissenschaftstest: Lassen sich die Aufgabenschwierigkeiten vorhersagen? In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 2, S. 120-135.
- RENKL, A. & E. STERN (1994). Die Bedeutung von kognitiven Eingangsvoraussetzungen und schulischen Lerngegebenheiten für das Lösen von einfachen und komplexen Textaufgaben. In Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Vol. 8, Nr. 1, S. 27-39.
- RENKL, A. & R. K. ATKINSON (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skills acquisition: A cognitive load perspective. In Educational Psychologist, Vol. 38, No. 1, pp. 15-22.
- RENKL, A. & S. SCHWORM, S. (2002). Lernen mit Lösungsbeispielen zu lehren. In Zeitschrift für Pädagogik, Beiheft 45, S. 259-270.
- RENKL, A. (2001). Explorative Analysen zur effektiven Nutzung von instruktionalen Erklärungen beim Lernen aus Lösungsbeispielen. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 29, Nr. 1, S. 41-63.
- RENKL, A., H. GRUBER, S. WEBER, T. LERCHE & K. SCHWEIZER (2003). Cognitive Load beim Lernen aus Lösungsbeispielen. In Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Vol. 17, Nr. 2, S. 93-101.

- RENKL, A., R. K. ATKINSON, U. H. MAIER & R. STALEY (2002). From example study to problem solving: Smooth transitions help learning. In *Journal of Experimental Education*, Vol. 70, No. 4, pp. 293-315.
- RESNICK, L. B. & W. W. FORD (1981). *The psychology of mathematics instruction*. Erlbaum: Hillsdale, New Jersey.
- REUSSER, K. & C. PAULI (2003). *Mathematikunterricht in der Schweiz und in weiteren sechs Ländern. Bericht über die Ergebnisse einer internationalen und schweizerischen Video-Unterrichtsstudie*. Universität Zürich: Pädagogisches Institut.
- REYER, T. (2003a). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe I. Dissertation am Fachbereich Physik der Universität Dortmund*.
- REYER, T. (2003b). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Handbuch zur Videostudie. Anhangband zur Dissertation 'Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht'*. Fachbereich Physik der Universität Dortmund.
- REYER, T. (2004). *Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*. Berlin: Logos.
- REYER, T., C. WIRZ, H. E. FISCHER, C. RAGUSE, N. HÖLLRICH & W. BOS (2003). *BIQUA. Bildungsqualität von Schule. Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht. Ergebnisdarstellung: Schülerfragebogen INMO. Arbeitsfassung Januar 2003. Universität Dortmund, Fachbereich Physik, Arbeitsgruppe Didaktik der Physik*.
- REYER, T., C. WIRZ, H. E. FISCHER, N. HÖLLRICH & W. BOS (2002). *Unterrichtsgestaltung und Lernerfolg im Physikunterricht. Testaufgaben zu Elektrizitätslehre, Strahlenoptik, Kraftmechanik. Unveröffentlichtes Arbeitspapier*.
- RIMMELE, R. (2003). *Videograph. Multimedia-Player zur Kodierung von Videos. (Software)*.
- ROST, J. & O. WALTER (im Druck). *Multimethod Item Response Theory*. In M. Eid & E. Diener. *Handbook of Psychological Measurement. A multimethod Perspective*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- SCHECKER, H. & E. KLIEME (2001). Mehr denken, weniger rechnen. Konsequenzen aus der internationalen Vergleichsstudie TIMSS für den Physikunterricht. In *Physikalische Blätter*, Vol. 57, Nr. 7/8, S. 113-117.
- SCHECKER, H. & J. GERDES (1999). Messung der Konzeptualisierungsfähigkeit in der Mechanik. Zur Aussagekraft des Force Concept Inventory. In *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaft*, Vol. 5, Nr. 1, S. 75-89.
- SCHECKER, H. (2001a). *Neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht - Neue Aufgaben? Oder neue Kultur? Workshop im Rahmen der 7. zentralen Tagung des BLK-Programms SINUS. (Quelle: <http://blk.mat.uni-bayreuth.de/material/db/45/index.html>, Funddatum: 11.11.02)*.
- SCHECKER, H. (2001b). *TIMSS – Konsequenzen für den Physikunterricht. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hrsg.). TIMSS – Impulse für*

- Schule und Unterricht. Forschungsbefunde, Reforminitiativen, Praxisberichte und Video-Dokumente. S. 85-97.
- SCHOSTER, A. & S. VON AUFSCHNAITER (1997). Der Einfluss unterschiedlich komplexer Lernumgebungen auf die Lernentwicklung. In H. Behrendt (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Potsdam, September 1997, S. 343-345.
- SCHOSTER, A. & S. VON AUFSCHNAITER (1998). Ergebnisse einer Untersuchung zum Einfluss unterschiedlich komplizierter Lernumgebungen auf die Lernentwicklung. In R. Brechel (Hrsg.). Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Essen, September 1998, S. 367-369.
- SCHWORM, S. & A. RENKL (2002). Lernen effektive Lösungsbeispiele zu erstellen: Ein Experiment zu einer computer-basierten Lernumgebung für Lehrende. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 1, S. 7-26.
- SEIDEL, T. (2003). Lehr-Lernscripts im Unterricht. Freiräume und Einschränkungen für kognitive und motivationale Lernprozesse – eine Videostudie im Physikunterricht. Münster: Waxmann.
- SEIDEL, T., I. M. DALEHEFTE & L. MEYER (2001). Beobachtungsschemata zur Erfassung von „Sichtstrukturen“ im Physikunterricht. In M. Prenzel, R. Duit, M. Euler, M. Lehrke & T. Seidel (Hrsg.). Erhebungs- und Auswertungsverfahren des DFG-Projekts „Lehr-Lernskripte im Physikunterricht: Eine Videostudie“. Kiel: Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, S. 41-58.
- SEIDEL, T., M. PRENZEL, R. DUIT, M. EULER, H. GEISER, L. HOFFMANN, M. LEHRKE, C. T. MÜLLER & R. RIMMELE (2002). „Jetzt bitte alle nach vorne schauen!“. Lehr-Lernskripte im Physikunterricht und damit verbundene Bedingungen für individuelle Lernprozesse. In Unterrichtswissenschaft, Vol. 30, Nr. 1, S. 52-77.
- SENKBEIL, M., J. ROST, C. H. CARSTENSEN & O. WALTER (2005). Der nationale Naturwissenschaftstest von PISA 2003. Entwicklung und empirische Überprüfung eines zweidimensionalen Facettendesign. In Empirische Pädagogik, Vol. 19, Nr. 2, S. 166-189.
- SHAMOS, M. H. (1996a). The Myth of Scientific Literacy. In Liberal Education, Vol. 82, No. 3, pp. 44-49.
- SHAMOS, M. H. (1996b). Guest Comment: The real threat of scientific literacy. In American Journal of Physics, Vol. 64, No. 9, pp. 1102.
- SMITH, M. S. & M. K. STEIN (1998). Selecting and Creating Mathematical Tasks: From Research to Practice. In Mathematics Teaching in the Middle School, Vol. 3, No. 5, pp. 344-350.
- STARK, R., H. GRUBER, A. RENKL & H. MANDL (2000). Instruktionale Effekte einer kombinierten Lernmethode: Zahlt sich die Kombination von Lösungsbeispielen und Problemlöseaufgaben aus? In Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, Vol. 14, Nr. 4, S. 206-218.
- STEBLER, R., K. REUSSER & E. RAMSEIER (1998). Praktische Anwendungsaufgaben zu integrierten Förderung formaler und materialer

- Kompetenzen. Einträge aus dem TIMSS-Experimentiertest. In *Bildungsforschung und Bildungspraxis*, Vol. 20, Nr. 1, S. 28-53.
- STEIN, M. K., B. W. GROVER & M. HENNINGSEN (1996). Building Student Capacity for Mathematical Thinking and Reasoning: An Analysis of Mathematical Tasks Used in Reform Classrooms. In *American Educational Research Journal*, Vol. 33, No. 2, pp. 455-488.
- STIGLER, J. W., C. FERNANDEZ (1995). TIMSS Videotape Classroom Study. Field Test Report. IEA, USA.
- TAYLOR, P: & B. FRASER (1991). Development of an instrument for assessing constructivist learning environments. Roundtable at the annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- ThILLM (Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien) (1999). Empfehlungen für den Unterricht im Seminarfach. Ergebnisse des Schulversuches. ThILLM-Reihe „Materialien“, Heft 23.
- TRENDEL, G. (2003). Zum Verhältnis des Oser'schen Unterrichtsmodells zu übergeordneten Normen und allgemeinen Prinzipien des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Unveröffentlichtes Arbeitspapier.
- VON AUFSCHNAITER, C. & S. VON AUFSCHNAITER (2002). Eine neue Aufgabenkultur für den Physikunterricht. Was fachdidaktische Lernprozess-Forschung zur Entwicklung von Aufgaben beitragen kann. In *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, Vol. 54, Nr. 7, S. 409-416.
- WAGNER, B. (1999). Lernen aus der Sicht der Lernenden. Eine Untersuchung zum Einfluß des Basismodell-Unterrichts auf das Lernen von Schülerinnen und Schülern. Europäische Hochschulschriften, Reihe 11, Pädagogik, Bd. 780. Frankfurt/Main: Lang.
- WANG, M. C., G. D. HAERTEL & H. J. WALBERG (1990). What influences Learning? A Content Analysis of Review Literature. In *Journal of Educational Research*, Vol. 84, No. 1, pp. 30-43.
- WEINERT, F. E., F.-W. SCHRADER & A. HELMLE (1989). Quality of Instruction and Achievement Outcomes. In *International Journal of Educational Research*, Vol. 13, No. 8, pp. 895-914.
- WELZEL, M. (2000). Zur Schwierigkeit und Interessantheit von Übungsaufgaben in der Physik. In *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik: Zur Didaktik der Chemie und Physik: Probleme und Perspektiven*. S. 321-323.
- WIRTZ, M. & F. CASPAR (2002). Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität. Göttingen: Hogrefe.
- WIRZ, C. & S. LABUSCH (2002). Übungsaufgaben zu Physik II für die Primarstufe. Universität Dortmund, Didaktik der Physik. Übungsskript.



## **ANHANG**

---

**ANHANG 1    DIE BASISMODELLE DES UNTERRICHTS**

**ANHANG 2    DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN**

**ANHANG 3    ÜBERARBEITETES DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN**

**ANHANG 4    DAS AUFGABENMODUL „DIE NEWTONSCHEN AXIOME“**

**ANHANG 5    ANWENDUNG DES ÜBERARBEITETEN KATEGORIENSYSTEMS  
ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN AUF DAS AUFGABENMODUL „DIE  
NEWTONSCHEN AXIOME“**

**ANHANG 6    PLANUNGSBÖGEN FÜR DIE INTERVENTIONSGRUPPE ZU DEN  
STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“ UND „KREISBEWEGUNGEN“**

---

---

**ANHANG 1 DIE BASISMODELLE DES UNTERRICHTS**

(gekürzt und leicht überarbeitet aus REYER 2003a, S. 30-39)

---

**BASISMODELL 1: LERNEN DURCH EIGENERFAHRUNG**

Die Schüler sollen in diesem Lernprozess Eigenerfahrung in bereits bestehendes Wissen einbetten können. Diese Erfahrungen sind immer an Handlungen geknüpft; dies ist „durch nichts zu ersetzen, schon gar nicht durch Wissensaufbau“ (Oser & PATRY 1990, S. 8). In Piagets Begriffen führt das Erfahrungslernen zu einer Assimilation des bestehenden Wissens.

*Handlungskette:*

1. Inneres Vorstellen des Handelns im Kontext (Vorbereitung, Ablaufsplanung, Ermittlung).
2. Handeln im Kontext (Herstellen, Verändern, Experimentieren, Suchen und Ordnen etc.).
3. Erste Ausdifferenzierung durch Reflexion des Handlungsweges, des Handlungszieles und des Handlungssinnes.
4. Generalisierung des Ausdifferenzierungsergebnisses.
5. Übertragung der Lernkonsequenzen auf größere Zusammenhänge, Einstieg in die symbolische Repräsentation.

**BASISMODELL 2: KONZEPTWECHSEL**

Dieses Basismodell zielt auf eine Entwicklungsförderung nach einer kognitiven Verunsicherung. „Die bisherige Tiefenstruktur des Urteilens wird durch das Erkennen nicht-adäquater Elemente erschüttert; sie integriert neue Elemente und verbindet sie zu einer neuen Struktur, die komplexer und integrierter zugleich im Hinblick auf ein Entwicklungsideal ist“ (OSER & PATRY 1990, S. 12). In Piagets Begriffen wird hier neues und bestehendes Wissen akkommodiert.

Angewandt im Physikunterricht dürfte sich der Schwerpunkt weg vom moralischen Urteilen hin zur Korrektur und Erweiterung physikalischer Vorstellungen verschieben. Dies entspricht von der Grundidee dem Conceptual-Change, das insbesondere als effektiv für naturwissenschaftlichen Unterricht diskutiert wurde.

*Handlungskette:*



1. Verunsicherung des Lernenden in seinen Denkmustern, Desäquilibration von bestehenden Strukturen (hinsichtlich sozialer und/oder moralischer und/oder politischer und/oder religiöser Werte).
2. Allmähliches Auflösen der bestehenden kognitiven Struktur, Erkennen wichtiger neuer Elemente, Relativierung der bestehenden Position und Pendeln zwischen verschiedenen Meinungen, Lösungsansätzen und Begründungsweisen.
3. Integration der neuen Elemente, Änderung von Wertigkeiten und Relationen, dadurch Transformation oder Abbau der alten Elemente.
4. Erprobung und Festigung der neuen Struktur durch deren Transfer auf andere Gebiete.

### **BASISMODELL 3: PROBLEMLÖSEN**

Problemlösen in unserem Sinne und im Sinne der folgenden Handlungskette ist eher forschend-entdeckend als nur „entdeckend“, und damit niemals „Versuch und Irrtum“ als spezielle, explorative Variante des Problemlösens.

Eine Abgrenzung scheint hier wichtig: Die Theorie der Basismodelle meint hier nicht das Lernen von Problemlösen als Metakompetenz, sondern nur das Problemlösen als Weg, Neues als notwendig zu erkennen, problemorientiert einzuordnen und damit zu erlernen. Eine angemessene Konzentration auf den Fachinhalt ist nur möglich, wenn die Schüler ein angemessenes Repertoire an Problemlösestrategien kennen und diese auch anwenden können. Problemlösen als spezifische methodische Kompetenz wird aber sinnvoll nur im Kontext eines „echten“ Problems gelernt. Der Lehrer muss dies hier in besonderem Maße berücksichtigen, nicht zuletzt mit dem Blick auf die als Basiskompetenz geforderte fachübergreifende Problemlösekompetenz der Schüler. Die physikalischen Inhalte lassen dabei zunächst nur spezifisch physikalische Problemlösewege zu, die mit zunehmender Expertise von den Inhalten ablösbar und verallgemeinerbar sind (Dekontextualisierung).

*Handlungskette:*

1. Schüler entdecken ein Hier-und-Jetzt-Problem in ihrem Erfahrungsbereich oder Lehrer(innen) vermitteln ein Problem, z.B. basierend auf

Diskrepanzerlebnissen zwischen Erwartung und Erfahrung (Problemgenerierung).

2. Sie formulieren daraus ein Problem, bestehend aus den Ausgangsbedingungen und einem anzustrebenden Ziel; die Mittel (Lösungsweg) sind unbekannt (Problemformulierung, möglichst exakt).
3. Schüler machen (auch von der Lehrperson als unangemessen beurteilte) Lösungsvorschläge (schlagen mögliche Lösungswege vor); allenfalls mehrere unterschiedliche mögliche Lösungswege (Variation).
4. Prüfung, ob die vorgeschlagenen Lösungswege bei den Ausgangsbedingungen zielführend sind (Lösungswege testen, Selektion); wenn kein Lösungsweg zielführend ist: zurück zu Schritt 3. Wenn ein Lösungsweg (mehrere Lösungswege) zufrieden stellend zielführend ist (sind), diese(n) festhalten (Retention).
5. Anwendung des Lösungsweges auf neue Probleme des gleichen Typs, Analyse der Übertragbarkeit oder Verallgemeinerbarkeit des gewählten Lösungsweges, abstrakte Verallgemeinerung etc. (Vernetzung, Transfer, etc. ermöglichen).

#### **BASISMODELL 4: THEORIEBILDUNG**

Dieses Basismodell zielt auf den Aufbau von theoretischem Wissen, das nicht notwendig Erfahrung, Problemstellung oder Desäquilibration benötigt. Wissen wird hier verstanden als eine Vernetzung von Bedeutungen; der Wissensaufbau kann die Ergänzung oder Korrektur sein, insbesondere auf dem Weg zu höherer Abstraktion von einzelnen Bedeutungselementen.

*Handlungskette:*

1. Direkte oder indirekte Bewusstmachung des bereits bestehenden Theoriewissens, soweit für den weiteren Unterricht erforderlich; evtl. auch erfahrungsorientierte Einbindung.
2. Vorstellen und Durcharbeiten eines prototypischen Musters, in dem alle wesentlichen Elemente und Merkmale des zu lernenden Konzepts enthalten sind.
3. Explikation: Erarbeiten bzw. Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien des neuen, zu lernenden Konzepts.

4. Ausdifferenzierung: Aktiver Umgang mit dem neuen Konzept (Anwendung/ Analyse/ Synthese), Vergleichen/ In-Beziehung-Setzen/ Abgrenzen mit anderen, bereits bekannten Konzepten und Beispielen auf verschiedenen Repräsentationsebenen.
5. Vernetzung: Anbindung des neuen Konzepts an bereits bekanntes Wissen (evtl. Anwendung im „systemischen Zusammenhang“).

### **BASISMODELL 5: BETRACHTENDES LERNEN, KONTEMPLATION, MEDITATION**

Dieses Basismodell mit dem Lehrzieltyp der meditativen Versenkung dient dem „inneren Nachvollzug ontologischer, schicksalhafter, religiöser u.ä. Wirklichkeiten“. Damit entspricht es einem Erfahrungslernen mit dem Ziel, ein kohärentes Sinnempfinden zu erzeugen und zu erleben. Für den Physikunterricht scheint dieser Lehrzieltyp zunächst sehr wenig relevant zu sein. Andererseits kann das Wiederentdecken des Staunen-Könnens einen Perspektivenwechsel ermöglichen, der zwischen dem subjektiven Eindruck und dem Erkennen eines größeren Weltzusammenhangs bzw. einer spirituellen Dimension schwanken kann.

Dies dürfte die einzige Art von Lernen sein, die eben nicht die Desäquilibration fordert; eine kognitive Verunsicherung würde dem Ziel der mentalen Versenkung entgegenwirken. Um hier verschiedene Schwerpunkte des Lernens zu unterscheiden, ist dieser Lehrzieltyp gewissermaßen als „affektiv-emotional“ einzustufen, weniger als „kognitiv“.

#### *Handlungskette:*

1. Sich leer machen, den Willen loslassen, bereit werden für einen Weg.
2. Ertasten, erhören, erfahren etc. der äußeren Struktur eines Naturgegenstandes oder Kunstwerks (Blume, Musik, Bild etc.).
3. Erste Interpretation der Semantik dessen, was wahrgenommen wird, auf der Spontanebene.
4. Zweite Interpretation der Semantik auf einer transzendenten, religiösen oder ästhetischen Ebene.
5. Einbettung in den Kontext des Lebens.

## **BASISMODELL 7: ROUTINEBILDUNG, TRAINING VON FERTIGKEITEN**

Die Routinebildung dient der Automatisierung von zunächst komplexen kognitiven und manipulativen Leistungen zwecks Entlastung des Bewusstseins in der Handlungsregulation. Die Handlungskette erscheint dadurch plausibel, dass sie vor allem den Mechanismus Erwartung – Handlung – Korrektur fördert. Die Wiederholung dieser Schleife sichert das Handeln im größtmöglichen Einklang mit der Vorstellung vom bezweckten Geschehen sowie die Konditionierung auf den gewünschten Automatismus.

Handlungskette nach Oser:

1. Erstes Ausprobieren der einzelnen Handlungsschritte und Darstellung/ Erarbeitung der Mittel-Ziel-Verflechtung (Wozu dient die Handlung?).
2. Aufbau des gesamten Handlungsablaufs durch Festlegung des Handlungsspielraumes, Feststellung der Regelmäßigkeiten und deren Bandbreite sowie Bedeutungsanalyse der einzelnen Komponenten und Beziehungen.
3. Wiederholtes Ausführen von Handlungsschritten, Kombinationen von Handlungsschritten oder der ganzen Handlung und Kontrolle der Ausführung mit Rückkopplung und Korrektur (allenfalls zurück zu Schritt 2); gegebenenfalls Kombination der Handlungsschritte zu größeren Sequenzen und schließlich zur Gesamthandlung.
4. Gesamtevaluation der einzelnen Schritte und Gesamthandlung. Schritt 3 und 4 in sinnvoller Abfolge bis zur Automatisierung.
5. Diskrimination der Anwendungssituationen und Einüben der Diskrimination.

### *Anmerkung*

Die Routinebildung liegt auf einer längeren Zeitskala auch dem Lernen von unterrichtsmethodischen Arbeitsweisen zu Grunde. Besonders der Aspekt der Wiederholung einzelner Aktivitäten innerhalb der Sichtstrukturen auch unter anderen Lehrzieltypen ähnelt der Routinierung durch Wiederholung. Ein zunehmendes Maß an Automation kann in diesem Zusammenhang eine Lernerleichterung darstellen – der Vergleich mit der Handlungskette zeigt aber auch, dass die Reflexion der trainierten Fertigkeiten ein wichtiger Schritt ist, nicht nur, um sie zu perfektionieren, sondern auch, um sie inhaltlich adäquat und situationsspezifisch nutzen zu lernen.

## **BASISMODELL 8: MOTILITÄTSMODELL**

Motilität bedeutet die „Gesamtheit der durch Reflexe ausgelösten Muskelbewegungen“. Motilität fördert und nutzt die expressive Transformation affektiver Erregungszustände. Ähnlich wie das kontemplative Lernen (Basismodell 5) scheint auch dieses Basismodell für den Physikunterricht wenig relevant, denn auch dies ist kein „kognitives Lernen“, sondern, wenn man so will, ein „affektiv-emotionales Lernen“.

*Handlungskette:*

1. Vorwegnehmende Klärung des folgenden Weges zur Motilität.
2. Spannungsbildung: Darbietung eines Objektes oder Werkes oder Phänomens, das zum Aufbau einer emotionalen Spannung geeignet ist.
3. Kognitive Umstrukturierung der aufgestauten Energie und Anstoß für eine kreative „Entladung“.
4. Transformation der Energie durch kreativen Ausdruck.
5. Verstärkung und Transfer der Erfahrung durch den Vergleich mit dem Ergebnis fremder Transformationsprozesse.

## **BASISMODELL 9: AUFBAU DYNAMISCHER SOZIALBEZIEHUNGEN**

Der Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen ist sicherlich in jedem Unterrichtsfach sinnvoll anwendbar, aber nur wenig explizit in der Physik. Die Handlungskette führt vor allem zur Reflexion des spontanen Handelns im sozialen Kontext. Dies gehört notwendig zu jedem Erlernen sozialer Kompetenzen, wie sie in Abschnitten in fast allen Basismodellen wieder zu finden sind. Als eigenständige Unterrichtseinheit ist der Aufbau dynamischer Sozialbeziehungen weitreichender in den sozialwissenschaftlichen Fächern durchzuführen als in der Physik; dieses Lernen kann jedoch auch hier im Zusammenhang mit anderen Lernarten erfolgen. Das bedeutet aber, dass typischerweise die folgende Handlungskette ein anderes Basismodell bzw. dessen Handlungskette implizieren muss, um „methodisch situiert“ dynamischen Beziehungsaufbau zu erlernen.

*Handlungskette:*

1. Soziale Fertigkeiten ganzheitlich im Kontext oder als Narration erkennen, vorstellen und bewerten.

2. Bedingungen schaffen, um diese Fähigkeit auszuprobieren und Reaktionen daraufhin einzuordnen, ob und wann sie erfolgreich sind.
3. Reflexion dieser Fähigkeit und Begründung, Legitimation oder Kritik ihrer selbst.
4. Verhaltensaustausch mit verschiedenen Personen, um diese Fähigkeiten zu verallgemeinern.

## **BASISMODELL 10: WERT- UND IDENTITÄTSAUFBAU**

Die Handlungskette zum Wert- und Identitätsaufbau nutzt Reflexion von Werthierarchien und Partizipation an Entscheidungs- und Umsetzungsprozessen; sie vermittelt deduktiv die Kompetenz, Handlungen ethisch einordnen zu können.

*Handlungskette:*

1. Analyse bestehender Werte (Regeln) in Bezug auf ein zur Diskussion stehendes soziales, moralisches, ästhetisches, etc. Problem (Handeln). Wertklärung und Bildung von Werthierarchien (Regelhierarchien), die einander diskursiv entgegengestellt werden.
2. Vorschläge für den Einbezug eines neuen Wertes (einer neuen Regel) oder die Veränderung der Werthierarchie (Regelhierarchie) durch Konsensarbeit (induktiv von den Personen her oder deduktiv vom Text her).
3. Mitbestimmung in der Entscheidung für eine gefundene neue Wertbestimmung (Regel), die an die vorhergehenden Werte zurückgebunden wird.
4. Umsetzung des gefundenen Wertes (der gefundenen Regel) durch den Einzelnen, durch die Gemeinschaft oder durch vorgesehene Gremien.

## **BASISMODELL 11: ÜBERSICHTSLERNEN**

Der ursprünglich gewählte Begriff „Hypertextlernen“ scheint ungeschickt gewählt. Zunächst klingt er zu sehr nach einem Zeitgeist-Lernbegriff, andererseits wäre der Aspekt „Vernetzung“ auch schon in der Theoriebildung enthalten. Wahrscheinlich meint die Überschrift Lernen von „Theorie in größerem Zusammenhang“.

Treffender könnte da der Begriff „Übersichtslernen“ passen; hier kommt es nicht auf Verstehen von Einzelheiten oder Benennen von Wissenslücken an, sondern auf ein grobes Umreißen und Erkennen des Themenbereichs. Die bewertende Einordnung hat Vorrang vor dem detaillierten Verstehen. Auf diesen Lehrzieltyp möchten wir hier nicht verzichten; von den Arbeitsformen her dürfte er den Lernprozess von Studenten vor Prüfungen oder die Lernprozesse von Experten beschreiben oder den Ablauf einer journalistischen Recherche.

Das „Übersichtslernen“ würde hier typischerweise einen längeren, zielorientierten Lernabschnitt meinen, der andere, vom Schüler frei wählbare Lernprozesse impliziert und ordnet.

*Handlungskette:*

1. Wahl des Themas.
2. Übersicht über die Quellen.
3. Entscheidung über die Form des Lernens.
4. Wahl eines freien oder gebundenen Lernweges.
5. Rückkoppelndes Durchführen einer Arbeit.
6. Evaluation.

## ANHANG 2 DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN

### Inhaltliche und curriculare Einordnung

Aufgabentitel/Aufgabennummer:
physikalisches Teilgebiet/Konzept:
Sachgebiet/Sachthema des Lehrplans:
Kommentar zum lebensweltlichen Bezug:

### Kurzbeschreibung der Lösungen

A:
B:
C:
D:
E:

### Kategorisierung der möglichen Lösungswege

Lösungs- kategorie	Lösungsweg				
	A	B	C	D	E
experimentell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
halbquantitativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rechnerisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
theoretisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

### Antwortformat, Offenheit und Experimentierverhalten

Antwortformat		
MC - Aufgabe <input type="checkbox"/>	Kurzantwort-Aufgabe <input type="checkbox"/>	Aufgabe mit erweitertem Antwortformat <input type="checkbox"/>

Offenheit		
Stufe 1: mehrere Lösungswege, keine Vorgabe <input type="checkbox"/>	Stufe 2: es werden mehrere Wege thematisiert <input type="checkbox"/>	Stufe 3: ein Lösungsweg vorgegeben <input type="checkbox"/>



Weg	Vorgabeart (nur bei Offenheitsstufe 2 und 3)		
	Vorgabe A: grobe Vorgabe	Vorgabe B: grundsätzliche Vorgabe	Vorgabe C: detaillierte Vorgabe
A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
B	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
D	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
E	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

verlangtes Experimentierverhalten (nur bei experimenteller Lösung)		
imitatorisch <input type="checkbox"/>	organisierend <input type="checkbox"/>	konzeptuell <input type="checkbox"/>

Kompetenzstufen

	Weg:	A	B	C	D	E
Stufe I: Anwenden naturwissenschaftl. Alltagswissens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stufe II: Einfache Erklärung physikalischer Phänomene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stufe III: Anwenden von Gesetzen und Faktenwissen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stufe IV: Anwenden phys. Konzepte, Verfahren, Modelle	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stufe V: Argumentieren und Problemlösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Stufe VI: Überwinden von Fehlvorstellungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anforderungsmerkmale

0=keine, 1=mittlere, 2=entscheidende Bedeutung		Lösungsweg				
Nr.	Merkmal	A	B	C	D	E
1.	Kenntnis von Definitionen und Gesetzen:					
2.	Qualitatives Begriffsverständnis:					
3.	Rechenfertigkeiten:					
4.	Interpretation von Diagrammen:					
5.	Textverständnis:					
6.	Visuelles Vorstellungsvermögen:					
7.	Fähigkeiten des Problemlösens:					

Nr.	Merkmal	A	B	C	D	E
8.	Verständnis formalisierter Gesetze:					
9.	Verständnis für funktionale Zusammenhänge:					
10.	Verständnis für Alltagssituationen:					
11.	Verständnis für experimentelle Situationen:					
12.	Verständnis für symbolische Zeichnungen:					
13.	Überwindung von Fehlvorstellungen: (1=thematisierbar, 2=notwendig)					
14.	Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen:					
15.	Kenntnis älterer Lerninhalte:					
16.	Fähigkeit zur Kooperation: (0=unnötig; 1=sinnvoll; 2=notwendig)					

Unterrichtsphasen: Kommentar zur Verwendbarkeit in der...

...Erarbeitungsphase:

...Übungsphase:

...Leistungsmessungsphase:

## ANHANG 3 ÜBERARBEITETES DATENBLATT FÜR PHYSIKAUFGABEN

### Inhaltliche und curriculare Einordnung

Aufgabentitel/Aufgabennummer:
physikalisches Teilgebiet/Konzept:
Sachgebiet/Sachthema des Lehrplans:
Kommentar zum lebensweltlichen Bezug:

### Basismodelle und Handlungskettenelemente

Wurde die Aufgabe auf Grundlage der Basismodelle konstruiert? <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein						
Basismodelle	Handlungskettenelemente					
	HKE 1	HKE 2	HKE 3	HKE 4	HKE 5	HKE 6
1 Eigenerfahrung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
2 Konzeptwechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
3 Problemlösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
4 Theoriebildung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
5 Kontemplation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
7 Routinebildung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
8 Motilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
9 dyn. Sozialbeziehungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
10 Werte-/ Identitätsaufbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
11 Übersichtslernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:						

### Kurzbeschreibung der Lösungen

A:
B:
C:
D:
E:

**Kategorisierung der möglichen Lösungswege**

Lösungskategorie	Lösungsweg				
	A	B	C	D	E
experimentell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
halbquantitativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rechnerisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
theoretisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Antwortformat, Offenheit und Experimentierverhalten**

Antwortformat:	<input type="checkbox"/> MC - Aufgabe <input type="checkbox"/> Kurzantwort-Aufgabe <input type="checkbox"/> Aufgabe mit erweitertem Antwortformat	Das Antwortformat hat einen erheblichen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit: je freier das Antwortformat, desto schwieriger die Aufgabe.
Offenheit:	<input type="checkbox"/> Stufe 1: mehrere Lösungswege, keine Vorgabe <input type="checkbox"/> Stufe 2: es werden mehrere Lösungswege thematisiert <input type="checkbox"/> Stufe 3: implizite Vorgabe eines Lösungswegs <input type="checkbox"/> Stufe 4: explizite Vorgabe eines Lösungswegs	
Experimentierverhalten (nur bei experimenteller Lösung):		
<input type="checkbox"/> imitatorisch <input type="checkbox"/> organisierend <input type="checkbox"/> konzeptuell		

**Stufen der naturwissenschaftlichen Kompetenz**

Die Buchstaben der Lösungswege sind in die jeweiligen Felder einzutragen.

naturwissenschaftliche Prozesse				
	Verständnis für Besonderheiten nw. Untersuchungen	Umgehen mit Evidenz	Kommunizieren nw. Beschreibungen oder Argumente	Verständnis nw. Konzepte
<b>V</b>	nw. Untersuchungen hinsichtlich Design analysieren	Daten nutzen, um unterschiedliche Perspektiven zu beurteilen	nw. Argumente/ Beschreibungen detailliert und präzise kommunizieren	einfache konzeptuelle Modelle entwickeln oder anwenden
<b>IV</b>	für Untersuchung zusätzlich nötige Information identifizieren	Argumentationsketten entwickeln	einfache nw. Argumente/ Beschreibungen kommunizieren	elaborierte nw. Konzepte anwenden
<b>III</b>	Details einer nw. Untersuchung identifizieren;	zwischen relevanten und irrelevanten Daten unterscheiden	X	nw. Konzepte anwenden
<b>II</b>	Variablen bestimmen, nw. beantwortbare Fragen benennen	Schlussfolgerungen aus Daten oder nw. Information ziehen/bewerten		nw. Alltagswissen anwenden
<b>I</b>	X	Schlussfolgerungen aus nw. Alltagswissen ziehen/bewerten		einfaches Faktenwissen wiedergeben

**Stufen der Lesekompetenz**

Die Buchstaben der Lösungswege sind in die jeweiligen Felder einzutragen.

Art der Leseaufgabe			
	Informationen Ermitteln	Textbezogenes Interpretieren	Reflektieren und Bewerten
<b>V</b>	tief eingebettete Information, sehr plausible/stark konkurrierende Informationen	nuancierte Ausdrucksweise, detailliertes Verständnis	Text mit Fachwissen kritisch bewerten, mit Konzepten umgehen, die Erwartungen zuwiderlaufen
<b>IV</b>	eingebettete Information in ungewohnten Texten, wichtige und unwichtige Informationen unterscheiden	anspruchsvolle Schlüsse, ungewohnte Kontexte, den Erwartungen zuwiderlaufende Vorstellungen	Text mit Schulwissen kritisch bewerten, Verständnis langer, komplexer Text.
<b>III</b>	Zusammenhänge zwischen Informationsteilen erkennen	Textteile gedanklich verbinden, vergleichen, gegenüberstellen	detailliertes Verständnis des Textes mit Alltagskenntnissen/weniger bekanntem Wissen
<b>II</b>	u.U. mehrere Kriterien & konkurrierende Informationen	Hauptidee identifizieren, Zusammenhänge begreifen, bei wenig anspruchsvollen Schlüssen	Zusammenhänge zwischen Text und außertextlichen Kenntnissen
<b>I</b>	explizit ausgedrückte Information nach einem Kriterium	vertrautes Hauptthema erkennen, wenn Information gut sichtbar	einfache Verbindung zwischen Text und Alltagswissen

**Anforderungsmerkmale**

0 = ohne Bedeutung

1 = spielt bei der Lösung eine Rolle

2 = hohe Bedeutung

3 = entscheidend für Erfolg oder Misserfolg

		Lösungsweg				
Nr.	Merkmal	A	B	C	D	E
1.	Kenntnis von Definitionen und Gesetzen <sup>(+)</sup> :					
2.	Qualitatives Begriffsverständnis:					
3.	Rechenfertigkeiten:					
4.	Interpretation von Diagrammen <sup>(-)</sup> :					
5.	Visuelles Vorstellungsvermögen:					
6.	Fähigkeiten des Problemlösens:					

Nr.	Merkmal	A	B	C	D	E
7.	Verständnis formalisierter Gesetze:					
8.	Verständnis für funktionale Zusammenhänge <sup>(+)</sup> :					
9.	Verständnis für Alltagssituationen:					
10.	Verständnis für experimentelle Situationen:					
11.	Verständnis für symbolische Zeichnungen:					
12.	Überwindung von Fehlvorstellungen <sup>(+)</sup> :					
13.	Kenntnis älterer Lerninhalte:					
14.	Fähigkeit zur Kooperation:					
15.	Umgang mit mentalen Modellen <sup>(+)</sup> :					
16.	Divergentes Denken:					

(+) Merkmal steht im positiven Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto schwerer ist die Aufgabe.

(-) Merkmal steht im negativen Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto leichter ist die Aufgabe.

### **Unterrichtsphasen:**

Kommentar zur Verwendbarkeit in der...

...Erarbeitungsphase:

...Übungsphase:

...Leistungsmessungsphase:

**ANHANG 4 DAS AUFGABENMODUL „DIE NEWTONSCHEN AXIOME“****Kapitel A****Das Erste  
Newton'sche Axiom****Die Newton'schen  
Axiome**

Im Folgenden sollen Sie üben, das Erste Newton'sche Axiom auf physikalische Fragestellungen anzuwenden.

Das Erste Newton'sche Axiom lautet:

„Ein Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit weiter, wenn keine resultierende äußere Kraft auf ihn wirkt.“

„Keine resultierende äußere Kraft“ bedeutet, dass die **Vektorsumme aller Kräfte<sup>(\*)</sup>** die auf den Körper wirken, Null ist.

„Mit konstanter Geschwindigkeit“ bedeutet hierbei, dass der **Betrag und die Richtung der Geschwindigkeit<sup>(\*)</sup>** unverändert bleiben.

Dieses Symbol kennzeichnet Begriffe oder Themen, zu denen zusätzliche Erklärungen und Hilfen zur Verfügung stehen

Umgekehrt gilt:

1. Verändert sich die Geschwindigkeit eines Körpers (also Betrag und/oder Richtung der Geschwindigkeit) so muss eine resultierende äußere Kraft auf ihn wirken. Also:

Geschwindigkeitsänderung  $\Rightarrow$  es gibt eine resultierende äußere Kraft

2. Wirkt auf einen Körper eine äußere resultierende Kraft, so muss sich der Betrag und/oder die Richtung seiner Geschwindigkeit ändern. Also:

es gibt eine resultierende äußere Kraft  $\Rightarrow$  Geschwindigkeitsänderung

Bevor Sie fortfahren, klären bitte folgende Fragen:

1. Was bedeutet der Begriff „Vektorsumme“? Fertigen Sie eine Zeichnung als Beispiel an beschriften Sie diese.

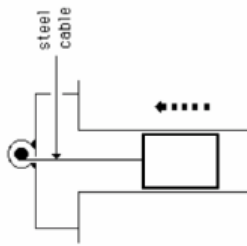
2. Worin besteht der Unterschied zwischen dem Betrag und der Richtung der Geschwindigkeit. Geben Sie jeweils ein Beispiel an für eine Bewegung deren Geschwindigkeit
  - a) in Betrag und Richtung konstant ist,
  - b) nur vom Betrag konstant ist,
  - c) nur in der Richtung konstant ist,
  - d) weder in Betrag noch Richtung konstant ist.



**Aufgabe 1**

Bei dieser Aufgabe soll davon ausgegangen werden, dass etwaige **Reibungskräfte** aufgrund von Luftwiderstand so gering sind, dass sie **vernachlässigt werden** können.

Ein Fahrstuhl wird in einem Fahrstuhlschacht über ein Stahlseil heraufgezogen. Die Kabine bewegt sich während des Heraufziehens mit **konstanter Geschwindigkeit**. Welche der folgenden Aussagen ist korrekt?



- (A) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist größer als die nach unten gerichtete Gravitationskraft.  
 (B) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist genauso stark wie die nach unten gerichtete Gravitationskraft.  
 (C) Die nach oben gerichtete Kraft durch das Stahlseil ist kleiner als die nach unten gerichtete Gravitationskraft.  
 (D) Die Kabine bewegt sich nach oben, weil das Seil kürzer wird; nicht etwa weil das Seil eine Kraft auf die Kabine ausübt.

**Erklären Sie Ihre Antwort:**

**Gehen Sie in den folgenden Aufgaben jeweils folgendermaßen vor:**

1. **Lesen** Sie sich die Aufgabe jeweils sorgfältig durch (inklusive der vorgegebenen Antworten und eventuell vorhandener Diagramme).
2. Fertigen Sie, falls noch nicht vorhanden, in jedem Fall eine **Skizze** an!
3. **Klären Sie dann die folgenden Fragen** für jede Aufgabe:

- Welchen Bewegungszustand hat der Körper?
  - Hat der Körper eine konstante Geschwindigkeit?
    - Wenn nein: Welche äußeren Kräfte verändern seine Geschwindigkeit?
    - Wenn ja: Wirkt keine äußere Kraft oder wirken mehrere äußere Kräfte, deren Summe dann Null sein muss?
- Falls eine Veränderung des Bewegungszustands betrachtet wird:**
- Welche Kräfte wirken an einem bzw. ab einem bestimmtem Zeitpunkt
    - zusätzlich auf den Körper?
    - nicht mehr auf den Körper?
  - Wie verändert sich dadurch der Bewegungszustand des Körpers?

Die Informationen, die Sie durch Klärung dieser Fragen gewinnen, sollten es Ihnen ermöglichen, die Aufgaben korrekt zu lösen und eine angemessene Erklärung zu formulieren.

4. Überprüfen Sie anschließend ihre Antwort durch **Vergleich mit der Musterlösung**.  
 Ist Ihre Antwort korrekt, überprüfen Sie zusätzlich, ob ihre Erklärung inhaltlich mit der vorgegebenen Erklärung übereinstimmt.  
 Ist Ihre Antwort nicht korrekt, versuchen Sie mit der vorgegebenen Erklärung und den zum Teil vorhandenen Anmerkungen zu den falschen Antworten ihren Fehler zu klären und die korrekte Lösung nachzuvollziehen.

**Hinweis:** Bei der Bearbeitung der folgenden Aufgaben kann es hilfreich sein, auf die Instruktionen dieser Seite zurückzugreifen. Daher liegt eine Kopie dieser Seite dem Aufgabenheft als „Instruktionsblatt zur Kapitel A, Das Erste Newton'sche Axiom“ bei.

**Aufgabe 2**

Ein schwerer Ball ist an einem Faden befestigt und wird, wie in der Abbildung gezeigt, im Kreis horizontal herumgeschwungen. An dem gekennzeichneten Punkt P reißt plötzlich der Faden. Der Vorgang wird von oben betrachtet.

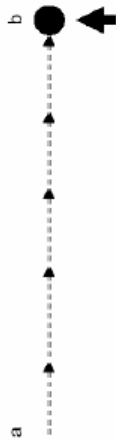
Zeichnen Sie den Weg ein, den der Ball nimmt, nachdem der Faden gerissen ist!



**Erklären Sie Ihre Antwort:**

**Aufgabe 3**

Die Abbildung zeigt aus der Vogelperspektive eine Scheibe, die mit **konstanter Geschwindigkeit** auf einer **reibungsfreien horizontalen Oberfläche (Tisch)** vom Punkt „a“ nach Punkt „b“ gleitet. Wenn die Scheibe „b“ erreicht, erhält sie einen kurzzeitigen horizontalen „Kick“ in Richtung des dicken Pfeils.



(a) Zeichnen Sie ein, auf welcher Bahn sich die Scheibe **nach dem Kick** bewegen könnte?



(b) Wie verändert sich das Geschwindigkeit der Scheibe längs der von Ihnen gewählten Bahnkurve bei einer reibungsfreien Bewegung **nach dem Kick**?

- (A) keine Änderung
- (B) stetig zunehmend
- (C) stetig abnehmend
- (D) eine Zeit lang zunehmend, danach abnehmend
- (E) eine Zeit lang konstant, danach abnehmend

**Erklären Sie Ihre Antworten:**

**Aufgabe 4**

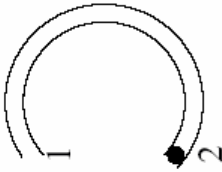
Eine Kiste wird mit **konstanter Geschwindigkeit** von 4 m/s über den Boden geschoben. Was kann man über die Kräfte aussagen, die auf die Kiste wirken?

- (A) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muss, muss größer sein als die Gewichtskraft.
- (B) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muss, muss gleich der Stärke der Reibungskräfte sein, die der Bewegung entgegenwirken.
- (C) Die Stärke der Kraft, die bei konstanter Geschwindigkeit auf die Kiste ausgeübt werden muss, muss größer sein als die Stärke der Reibungskräfte, die der Bewegung entgegenwirken.
- (D) Es gibt zwar eine Kraft, die aufgebracht werden muss, um die Kiste zu bewegen, aber die äußeren Kräfte, so wie Reibung, sind keine „realen“ Kräfte. Sie leisten lediglich Widerstand gegen die Bewegung.

**Erklären Sie Ihre Antwort:**

**Aufgabe 5**

Die Abbildung zeigt einen von oben betrachteten kreisförmigen Kanal, der **in der horizontalen Ebene** fest auf einem Tisch verankert ist. Ein Ball tritt bei „1“ in den Kanal ein und verlässt ihn bei „2“. Zeichnen Sie ein, auf welcher Bahn sich der Ball bewegt, wenn er den Kanal bei „2“ verlässt und weiter über den Tisch rollt!



**Erklären Sie Ihre Antwort:**

## Kapitel B

### Das Dritte Newton'sche Axiom – und das Zweite

Im Folgenden sollen Sie üben, das Dritte Newton'sche Axiom auf physikalische Fragestellungen anzuwenden.

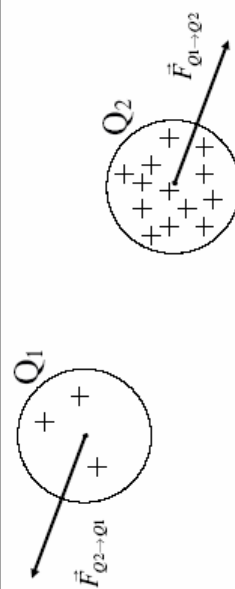
Das Dritte Newton'sche Axiom lautet:

„Kräfte treten immer paarweise auf: Wenn Körper A eine Kraft auf Körper B ausübt, so wirkt eine gleich große, aber entgegengesetzt gerichtete Kraft von Körper B auf Körper A.“

Die Kraft, die von Körper B auf Körper A wirkt, wird auch häufig als „Gegenkraft“ bezeichnet. Es ist allerdings beliebig, welche der beiden Kräfte als „Kraft“ und welche als „Gegenkraft“ bezeichnet wird. Entscheidend ist:

1. Kräfte treten stets als Kraft-Gegenkraft-Paar auf.
2. Kraft und Gegenkraft können sich nie gegenseitig aufheben, da sie immer auf unterschiedliche Körper wirken.

Beispiele:



Zwei elektrische Ladungen üben aufeinander gleich große, entgegengesetzte Kräfte aus

**Gehen Sie in den folgenden Aufgaben jeweils folgendermaßen vor:**

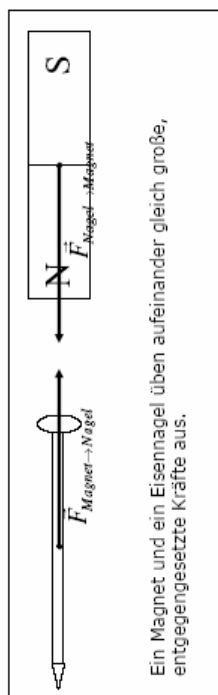
1. **Lesen** Sie sich die Aufgabe jeweils sorgfältig durch (inklusive der vorgegebenen Antworten und eventuell vorhandener Diagramme).
2. Fertigen Sie, falls noch nicht vorhanden, in jedem Fall eine **Skizze** an!
3. Gehen Sie für jede Aufgabe die folgenden **Arbeitsschritte** durch:

- Tragen Sie alle Kräfte entsprechend dem Dritten Newton'schen Axiom als **Kraft-Gegenkraft-Paare** ein.
- Für den Fall, dass ein System aus mehreren, miteinander verbundenen Körpern betrachtet wird: Unterscheiden Sie zwischen „**inneren Kräften**“ und „**äußeren Kräften**“.

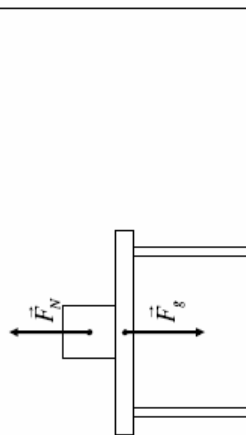
Die Informationen, die Sie durch diese Arbeitsschritte gewonnen haben, sollten es Ihnen ermöglichen, die Aufgabe korrekt zu lösen und eine angemessene Erklärung zu formulieren.

4. Überprüfen Sie anschließend ihre Antwort durch **Vergleich mit der Musterlösung**:  
Ist Ihre Antwort korrekt, überprüfen Sie zusätzlich, ob ihre Erklärung inhaltlich mit der vorgegebenen Erklärung übereinstimmt.  
Ist Ihre Antwort nicht korrekt, versuchen Sie mit der vorgegebenen Erklärung und den zum Teil vorhandenen Anmerkungen zu den falschen Antworten ihren Fehler zu klären und die korrekte Lösung nachzuvollziehen.

**Hinweis:** Bei der Bearbeitung der folgenden Aufgaben kann es hilfreich sein, auf die Instruktionen dieser Seite zurückzugreifen. Daher liegt eine Kopie dieser Seite dem Aufgabenheft als „Instruktionsblatt zur Kapitel B, Das Dritte Newton'sche Axiom“ bei.



Ein Magnet und ein Eisennagel üben aufeinander gleich große, entgegengesetzte Kräfte aus.



Das Paket übt eine Kraft  $\vec{F}_g$  auf den Tisch aus. Der Tisch übt eine gleich große, entgegengesetzte Gegenkraft  $\vec{F}_N$  auf das Paket aus.

Betrachtet man eine System aus mehreren, miteinander verbundenen Körpern, so ist es hilfreich, zwischen inneren Kräften und äußeren Kräften zu unterscheiden:

1. Die inneren Kräfte, d.h. die Kräfte zwischen den Körpern des Systems, halten sich im Bezug auf das System als Kraft-Gegenkraft-Paare im Gleichgewicht. Wirkt nämlich von einem Körper des Systems eine Kraft auf einen anderen Körper des Systems, so wirkt vom letzteren Körper eine gleichgroße, entgegengesetzte Kraft auf den ersten Körper.

2. Die Bewegung des Gesamtsystems wird dagegen durch äußere Kräfte bestimmt, d.h. Kräfte, die zwar auf Körper des Systems wirken, deren Gegenkräfte aber auf nicht zum System gehörende Körper wirken. Die Resultierende der äußeren Kräfte, die auf das System wirken, bewirkt die Bewegung des Gesamtsystems.

**Aufgabe 1**  
Zeichnen Sie in den fünf folgenden Situationen je einmal die Kraft und die Gegenkraft ein und beschreiben Sie die Situationen in Stichworten.



In einigen Aufgaben wird auch das Zweite Newton'sche Axiom eine Rolle spielen.

Das Zweite Newton'sche Axiom lautet:

„Die Beschleunigung eines Körpers ist umgekehrt proportional zu seiner Masse und direkt proportional zur resultierenden Kraft, die auf ihn wirkt:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

Die Vektorpfeile bedeuten, dass die Richtung der Beschleunigung stets der Richtung der resultierenden Kraft entspricht.

Wirkt also auf einen Körper A dieselbe Kraft wie auf einen Körper B, wobei Körper A die doppelte Masse von Körper B besitzt, so ist die Beschleunigung von Körper A halb so groß wie die von Körper B.

Kurz:

Bei gleicher Kraft gilt:  
halbe Masse – doppelte Beschleunigung  
doppelte Masse – halbe Beschleunigung

Wirkt dagegen auf einen von zwei gleichschweren Körpern die doppelte Kraft, so ist auch die Beschleunigung doppelt so groß.

Kurz:

Bei gleicher Masse gilt:  
doppelte Kraft – doppelte Beschleunigung  
halbe Kraft – halbe Beschleunigung

Für den Sonderfall, dass auf einen Körper keine resultierende Kraft wirkt, folgt aus dem zweiten Newton'schen Axiom, dass der Körper keine Beschleunigung erfährt, also in Ruhe bleibt oder sich mit konstanter Geschwindigkeit bewegt. Das ist genau das Erste Newton'sche Axiom!

**Aufgabe 2a**

Stelle Sie sich einen Frontalzusammenstoß zwischen einem LKW und einem Kleinwagen (PKW) vor. Für den Zeitraum des Zusammenpralls gilt:

- (E) Der LKW übt eine größere Kraft auf den Kleinwagen aus als der PKW auf den Lastwagen.
- (F) Der Kleinwagen übt eine größere Kraft auf den LKW aus als der Lastwagen auf den PKW.
- (G) Die beiden Fahrzeuge üben keine Kräfte aufeinander aus. Der Kleinwagen wird einfach deshalb zerdrückt, weil er dem LKW im Wege ist.
- (H) Der LKW übt eine Kraft auf den Kleinwagen aus, aber der PKW übt keine Kraft auf den Laster aus.
- (I) Der LKW übt die gleiche Kraft auf den Kleinwagen aus wie der PKW auf den Laster.

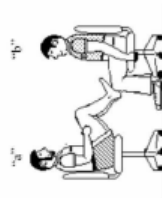
**Erklären Sie Ihre Antwort:**

**Aufgabe 2b**

Wie kann man – unter Verwendung des Ergebnisses von Aufgabe 2a – erklären, dass die Auswirkungen eines solchen Unfalls für das Auto – und insbesondere dessen Insassen – sehr viel schlimmer wären als für den LKW und seine Insassen?

**Aufgabe 3a**

Zwei Schüler, von denen Schüler „a“ die Masse 95 kg und Schüler „b“ die Masse 77 kg hat, sitzen sich auf zwei Bürostühlen direkt gegenüber. Schüler „a“ stellt seine Füße auf die Knie von Schüler „b“. Schüler „b“ hat seine Füße angehoben. Plötzlich streckt Schüler „a“ seinen Beine aus, wodurch beide Stühle in Bewegung versetzt werden.



Welche Aussage trifft zu?

- (A) Keiner der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus.
- (B) Schüler A übt eine Kraft auf B aus, aber B übt keine Kraft auf A aus.
- (C) Jeder der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus, aber Schüler B übt die größere Kraft aus.
- (D) Jeder der Schüler übt eine Kraft auf den anderen aus, aber A übt die größere Kraft aus.
- (E) Jeder der beiden Schüler übt eine gleich starke Kraft auf den anderen aus.

**Erklären Sie Ihre Antwort:**

**Aufgabe 3b**

Unter Verwendung des Ergebnisses von Aufgabe 3a: Welcher der beiden Schüler wird nach diesem Vorgang die größere Endgeschwindigkeit? Schüler „a“ oder Schüler „b“? Oder sind beide gleich schnell?

**Erklären Sie Ihre Antwort:**



**Aufgabe 4a**

Ein LKW bleibt mit einem Motorschaden liegen und wird von einem Kleinwagen zu nächsten Tankstelle geschoben.

Während der PKW beschleunigt, um beim Schieben auf eine bestimmte Geschwindigkeit zu kommen, gilt:

- (A) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist gleich groß wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (B) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist kleiner wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (C) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist größer wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (D) Der Motor des PKW läuft; daher übt der PKW eine Kraft aus, während er gegen den LKW drückt. Aber der LKW Motor läuft nicht; daher kann der LKW nicht gegen das Auto zurückdrücken. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.
- (E) Weder der LKW noch der PKW üben aufeinander irgendeine Kraft aus. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.

Nachdem der Fahrer des PKW die gewünschte Geschwindigkeit erreicht hat, mit der er den Lastwagen konstant vor sich herschieben will, fährt er mit konstanter Geschwindigkeit weiter. Jetzt gilt:

- (A) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist gleich groß wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (B) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist kleiner wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (C) Der Betrag der Kraft, mit der das Auto gegen den LKW drückt ist größer wie derjenige, mit dem der LKW gegen das Auto drückt.
- (D) Der Motor des PKW läuft; daher übt der PKW eine Kraft aus, während er gegen den LKW drückt. Aber der LKW Motor läuft nicht; daher kann der LKW nicht gegen das Auto zurückdrücken. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.
- (E) Weder der LKW noch der PKW üben aufeinander irgendeine Kraft aus. Der LKW wird einfach deshalb nach vorne geschoben, weil er dem PKW im Wege steht.

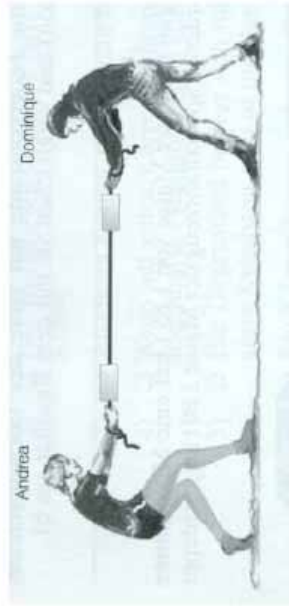
**Erklären Sie Ihre Antworten:**

**Aufgabe 4b**

Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Aufgabe 4a: Warum bewegen sich LKW und PKW überhaupt?

**Aufgabe 5**

Dominique und Andrea messen ihre Kräfte im Seilziehen. Sie beobachten gleichzeitig die Anzeige von Kraftmessern, welche in jeder Seilhälfte eingebaut sind. Obwohl Andrea Dominique über die Mittellinie hinauszieht, zeigen beide Kraftmesser immer gleiche Werte an.



Erklären Sie den scheinbaren Widerspruch.

## ANHANG 5 ANWENDUNG DES ÜBERARBEITETEN KATEGORIENSYSTEMS ZUR ANALYSE VON PHYSIKAUFGABEN AUF DAS AUFGABENMODUL „DIE NEWTONSCHEN AXIOME“

### Inhaltliche und curriculare Einordnung

Aufgabentitel/Aufgabennummer: Die Newtonschen Axiome

physikalisches Teilgebiet/Konzept: Mechanik

Sachgebiet/Sachthema des Lehrplans: Kinematik und Dynamik des Massenpunktes

Kommentar zum lebensweltlichen Bezug: –

### Basismodelle und Handlungskettenelemente

Wurde die Aufgabe auf Grundlage der Basismodelle konstruiert? ☒ ja ☐ nein

Basismodelle	Handlungskettenelemente					
	HKE 1	HKE 2	HKE 3	HKE 4	HKE 5	HKE 6
1 Eigenerfahrung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
2 Konzeptwechsel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
3 Problemlösen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
4 Theoriebildung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
5 Kontemplation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
7 Routinebildung	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	–
8 Motilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–
9 dyn. Sozialbeziehungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
10 Werte-/ Identitätsaufbau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	–	–
11 Übersichtslernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kommentar:						

### Kurzbeschreibung der Lösungen

A: Aufgabe lässt im Wesentlichen nur einen Lösungsweg zu

B: –

C: –

D: –

E: –

**Kategorisierung der möglichen Lösungswege**

Lösungskategorie	Lösungsweg				
	A	B	C	D	E
experimentell	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
halbquantitativ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
rechnerisch	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
theoretisch	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Antwortformat, Offenheit und Experimentierverhalten**

Antwortformat:	<input checked="" type="checkbox"/> MC - Aufgabe <input checked="" type="checkbox"/> Kurzantwort-Aufgabe <input checked="" type="checkbox"/> Aufgabe mit erweitertem Antwortformat	Das Antwortformat hat einen erheblichen Einfluss auf die Aufgabenschwierigkeit: je freier das Antwortformat, desto schwieriger die Aufgabe.
Offenheit:	<input type="checkbox"/> Stufe 1: mehrere Lösungswege, keine Vorgabe <input type="checkbox"/> Stufe 2: es werden mehrere Lösungswege thematisiert <input checked="" type="checkbox"/> Stufe 3: implizite Vorgabe eines Lösungswegs <input type="checkbox"/> Stufe 4: explizite Vorgabe eines Lösungswegs	
Experimentierverhalten (nur bei experimenteller Lösung):		
<input type="checkbox"/> imitatorisch <input type="checkbox"/> organisierend <input type="checkbox"/> konzeptuell		

**Stufen der naturwissenschaftlichen Kompetenz**

Die Buchstaben der Lösungswege sind in die jeweiligen Felder einzutragen.

naturwissenschaftliche Prozesse				
	Verständnis für Besonderheiten nw. Untersuchungen	Umgehen mit Evidenz	Kommunizieren nw. Beschreibungen oder Argumente	Verständnis nw. Konzepte
<b>V</b>	Nw. Untersuchungen hinsichtlich Design analysieren	Daten nutzen, um unterschiedliche Perspektiven zu beurteilen	nw. Argumente/ Beschreibungen detailliert und präzise kommunizieren	einfache konzeptuelle Modelle entwickeln oder anwenden
<b>IV</b>	für Untersuchung zusätzlich nötige Information identifizieren	Argumentationsketten entwickeln	einfache nw. Argumente/ Beschreibungen kommunizieren	elaborierte nw. Konzepte anwenden
<b>III</b>	Details einer nw. Untersuchung identifizieren;	zwischen relevanten und irrelevanten Daten unterscheiden	X	nw. Konzepte anwenden
<b>II</b>	Variablen bestimmen, nw. beantwortbare Fragen benennen	Schlussfolgerungen aus Daten oder nw. Information ziehen/bewerten		nw. Alltagswissen anwenden
<b>I</b>		Schlussfolgerungen aus nw. Alltagswissen ziehen/bewerten		Einfaches Faktenwissen wiedergeben

### **Stufen der Lesekompetenz**

Die Buchstaben der Lösungswege sind in die jeweiligen Felder einzutragen.

Art der Leseaufgabe			
	Informationen Ermitteln	Textbezogenes Interpretieren	Reflektieren und Bewerten
<b>V</b>	tief eingebettete Information, sehr plausible/starke konkurrierenden Informationen	nuancierten Ausdrucksweise, detailliertes Verständnis	Text mit Fachwissen kritisch bewerten, mit Konzepten umgehen, die Erwartungen zuwiderlaufen
<b>IV</b>	eingebettete Information in ungewohnten Texten, wichtigen und unwichtige Informationen unterscheiden	Anspruchsvolle Schlüsse, ungewohnte Kontext, den Erwartungen zuwiderlaufenden Vorstellungen	Text mit Schulwissen kritisch bewerten, Verständnis langer, komplexer Texte.
<b>III</b>	Zusammenhänge zwischen Informationsteilen erkennen	Textteile gedanklich verbinden, vergleichen, gegenüberstellen	detailliertes Verständnis des Textes mit Alltagskenntnissen/ weniger bekanntem Wissen
<b>II</b>	u.U. mehrere Kriterien & konkurrierende Informationen	Hauptidee identifizieren, Zusammenhänge begreifen, bei wenig anspruchsvollen Schlüssen	Zusammenhänge zwischen Text und außertextlichen Kenntnissen
	A		
<b>I</b>	explizit ausgedrückte Information nach einem Kriterium	vertrautes Hauptthema Thema erkennen, wenn Information gut sichtbar.	einfache Verbindung zwischen Text und Alltagswissen

### **Anforderungsmerkmale**

0 = ohne Bedeutung

1 = spielt bei der Lösung eine Rolle

2 = hohe Bedeutung

3 = entscheidend für Erfolg oder Misserfolg

Nr.	Merkmal	Lösungsweg				
		A	B	C	D	E
1.	Kenntnis von Definitionen und Gesetzen <sup>(+)</sup> : Newtonsche Axiome	3				
2.	Qualitatives Begriffsverständnis: Kraft	2				
3.	Rechenfertigkeiten:	1				
4.	Interpretation von Diagrammen <sup>(-)</sup> :	0				
5.	Visuelles Vorstellungsvermögen:	0				
6.	Fähigkeiten des Problemlösens:	0				

Nr.	Merkmal	A	B	C	D	E
7.	Verständnis formalisierter Gesetze:	0				
8.	Verständnis für funktionale Zusammenhänge <sup>(+)</sup> :	0				
9.	Verständnis für Alltagssituationen:	0				
10.	Verständnis für experimentelle Situationen:	0				
11.	Verständnis für symbolische Zeichnungen:	0				
12.	Überwindung von Fehlvorstellungen <sup>(+)</sup> :	1				
13.	Kenntnis älterer Lerninhalte:	0				
14.	Fähigkeit zur Kooperation:	1				
15.	Umgang mit mentalen Modellen <sup>(+)</sup> :	0				
16.	Divergentes Denken:	0				

(+) Merkmal steht im positiven Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto schwerer ist die Aufgabe.

(-) Merkmal steht im negativen Zusammenhang zur Aufgabenschwierigkeit, d.h. je stärker dieses Merkmal ausgeprägt ist, desto leichter ist die Aufgabe.

### **Unterrichtsphasen:**

Kommentar zur Verwendbarkeit in der...

...Erarbeitungsphase:

...Übungsphase: Durch das der Aufgabenkonstruktion zugrunde liegende Basismodell „Routinebildung“ ist diese Aufgabe primär für die Übungsphase geeignet.

...Leistungsmessungsphase:

## ANHANG 6 PLANUNGSBÖGEN FÜR DIE INTERVENTIONSGRUPPE ZU DEN STUNDEN „ELEKTRISCHES FELD“ UND „KREISBEWEGUNGEN“

---

### *Fragebogen zur Unterrichtsplanung*

Datum der geplanten Stunde: 9. Oktober 2002

Teil der Unterrichtsreihe: Einführung

#### *Inhalt dieser Stunde*

Was wird das Thema dieser Stunde sein?

Theoriebildung im Inhaltsbereich "Elektrische Feldlinien"

Was sollen die Schüler lernen?

Die Darstellung elektrischer Felder durch Feldlinienbilder anhand eines Prototyps

Die grundlegenden Eigenschaften elektrischer Felder/Feldlinienbilder anhand dieses Prototyps

Übertragung des Wissens auf weitere Feldlinienbilder

Wie sollen die Schüler es lernen?

#### *Anmerkungen, Kommentar*

Gibt es Besonderheiten/ Auffälligkeiten in dieser Unterrichtsstunde?

Möchten Sie den Stundenverlauf oder Ihre Antworten kommentieren?

Sind Probleme zu erwarten?

Haben Sie Kritik oder Verbesserungsvorschläge zur Unterrichtsstudie?

Ablaufplan dieser Stunde

Basismodell	Handlungskettenelement	Inhalt / Unterrichtsgegenstand	Arbeits- und Sozialform	Medien, Experimente o.ä.
1. BM11: Übersichtslern	HKE 6	"Evaluation": Besprechung der Hausaufgabe (Gewitter); wie wurde gesucht, was wurde gefunden	Klassengespräch	Tafel, OHP
2. BM4: Theoriebildung	HKE 1	"Vorwissen": Wie verändert eine geladene Konduktarkugel diesen Raum? -> elektr. Feld	Klassengespräch	*Experiment
3. BM4: Theoriebildung	HKE 1	"Vorwissen": Wie kann man ein Feld sichtbar machen/veranschaulichen? -> Feldlinien	Klassenpräch	Tafel
4. BM4: Theoriebildung	HKE 2	"Prototyp": Experimentelle Erzeugung eines Feldlinienbildes	Lehrervortrag	Experiment
5. BM3: Problemlösen	HKE 5	"Transfer": Wie entstehen die Ketten von Grieskörnern?	Gruppenarbeit, Klassengespräch	Tafel
6. BM4: Theoriebildung	HKE 3	"Explikation": Zeichnung des Feldlinienbildes, Benennung der Merkmale eine Feldlinienbildes	Klassengespräch	Tafel
7. BM4: Theoriebildung	HKE 4	"Ausfrierenzierung": Bestimmung weiterer Feldlinienbilder	Einzelarbeit/Partnerarbeit	Tafel, OHP
8. BM4: Theoriebildung	HKE 5	"Vernetzung": Faraday-Käfig Vergleich Magnetfeld Superposition von Feldern Feldlinienverlauf auf Leiteroberflächen	Klassengespräch	Tafel, OHP



## *Fragebogen zur Unterrichtsplanung*

Datum der geplanten Stunde: 4. April 2003

Teil der Unterrichtsreihe: Einführung

### *Inhalt dieser Stunde*

Was wird das Thema dieser Stunde sein?

gleichmäßig beschleunigte Bewegung -gbB-

gleichförmige Kreisbewegung

Was sollen die Schüler lernen?

Routinebildendes Üben im Themenbereich gbB

Theoriebildende Einführung der gleichförmigen Kreisbewegung -gKB-

Wie sollen die Schüler es lernen?

### *Anmerkungen, Kommentar*

Gibt es Besonderheiten/ Auffälligkeiten in dieser Unterrichtsstunde?

Möchten Sie den Stundenverlauf oder Ihre Antworten kommentieren?

Sind Probleme zu erwarten?

Haben Sie Kritik oder Verbesserungsvorschläge zur Unterrichtsstudie?

BM4, HKE 1 ("Vorwissen") wurde bereits am Ende der vorangehenden Stunde berücksichtigt

Ablaufplan dieser Stunde

	Basismodell	Handlungskettenelement	Inhalt / Unterrichtsgegenstand	Arbeits- und Sozialform	Medien, Experimente o.ä.
1.	BM6: Routinebildung	HKE 3 4 & 5	"Ausführen/Evaluieren/Diskri.": Aufgabe 7 vom Arbeitsblatt	Klassengespräch	Tafel
2.	BM4: Theoriebildung	HKE 2	"Prototyp": Aufgabe "Michael gegen David"	Klassengespräch	OHP Tafel
3.	BM4: Theoriebildung	HKE 3	"Explication": Charakterisierung der gKB, relevante Größen ( $T$ , $f$ , $v$ , $\omega$ )	Klassengespräch	Tafel
4.	BM4: Theoriebildung	HKE 3	"Explication": Herleitung der Zentripetalbeschleunigung (Enthält Problemlösen!)	Lehrevortrag Gruppenarbeit Klassengespräch	Tafel
5.	BM4: Theoriebildung	HKE 4	"Ausdifferenzierung": Autoaufgabe, Phänomene	Gruppenarbeit Klassengespräch	Tafel
6.	- kein BM -	- kein HKE			
7.	- kein BM -	- kein HKE			
8.	- kein BM -	- kein HKE			